Ashraf Omar Samour
Arab Comics

موسوعة الطاقة المبسطة

# القُدرة النَّوويّة

عالَم القُدرة النَّوويّة المُدهِش
وكيف نُسخِّر طاقة تلك
القُدرة، بدءًا بالقنابل الذَّرّيّة،
وانتهاءً بمحطّات القُدرة النَّوويّة.

مكتبة لبنان ناشرون

مَوْسُوعَة الطَّاقَة المُبَسَّطَة

# القُنْبُلَة النَّوَوِيَّة

دِيڤد وسْت ، لندن
مَكتبَة لبْنان نَاشِرُونَ شرْل

حُقوق الطبْع © دِيڤد وسْت ، لندن - الطبعَة الإنكْليزيّة
حُقوق الطبْع © مَكتبَة لبْنان نَاشرون شرْل - الطبعَة العَربيّة

مَكتبَة لبْنَان نَاشِرُونَ
www.ldlp.com

صُندوق البَريْد : 11-9232
بَيروت - لبْنان
وُكلاء وَمُوزّعون في جَميع أنحَاء العَالَم

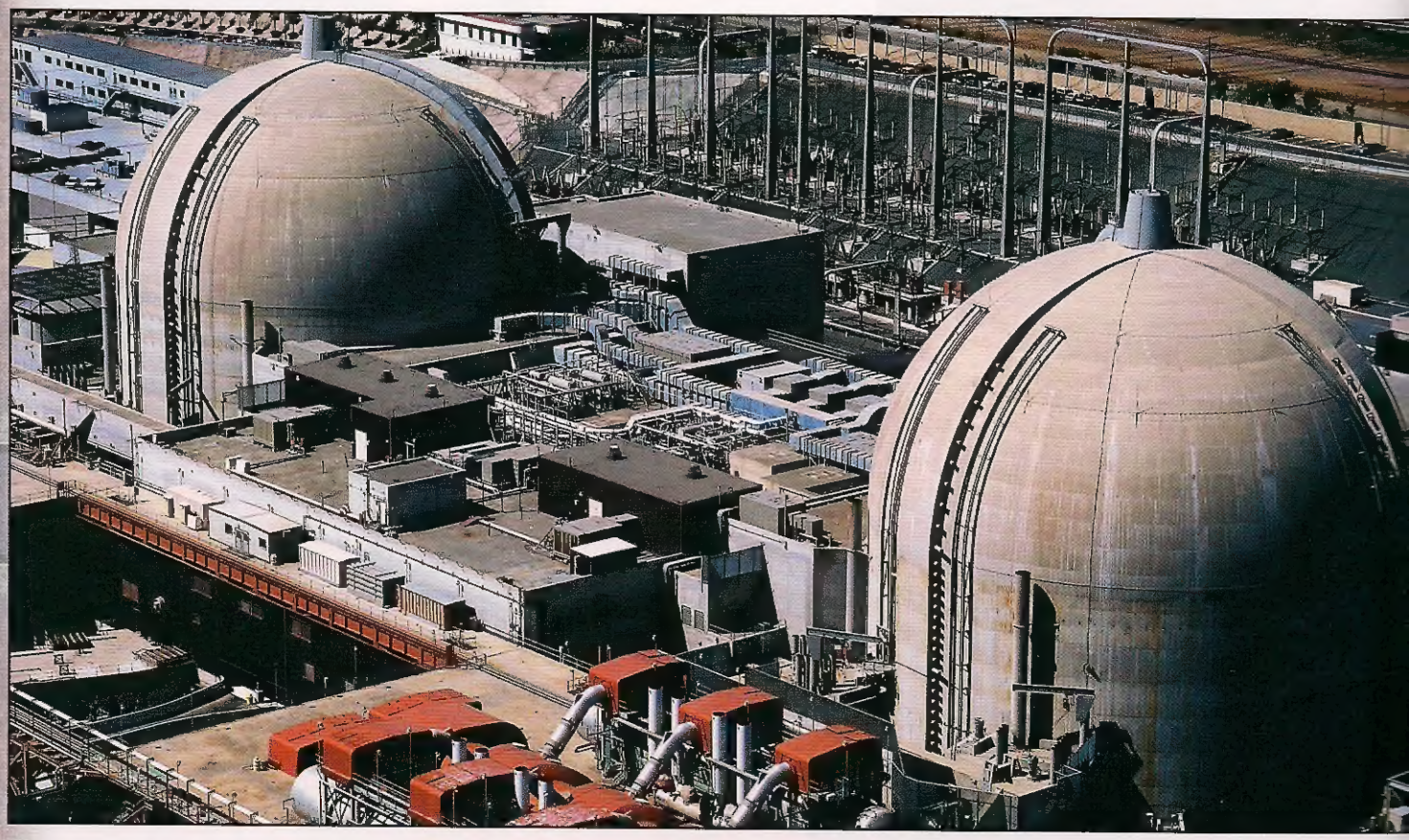
الطّبعَة الأولى : 2005
طُبعَ في لبْنان

ISBN 9953-33-644-X

# مَوْسُوعَة الطَّاقَة المُبَسَّطَة

# الطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ

إعداد : دَائِرَة التَّرجَمَة وَالنَّشْر في مَكتَبَة لبْنان نَاشِرُون



مَكتَبَة لبْنان نَاشِرُون

# المحتوَيات


6 عَمَل الذَّرّات

8 تَحطيم الذَّرّة

10 الوَقود والطّاقة النَّوويّة

12 القُدرة النَّوويّة

14 أنواع المُفاعِلات

16 خَير وشرّ

18 خَطَر الحَوادِث

20 السِّلاح النَّوويّ

22 اِستِعمالات نوويّة

24 القُدرة النَّوويّة والمواصَلات

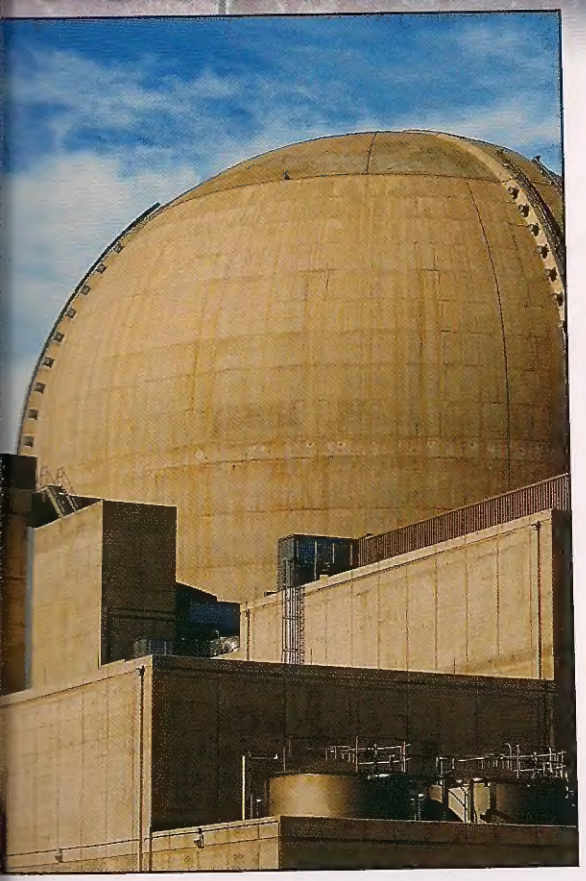
26 الإندماج النَّوويّ

28 لا للأسلحة النَّوويّة

30 مُستقبَل الطّاقة النَّوويّة

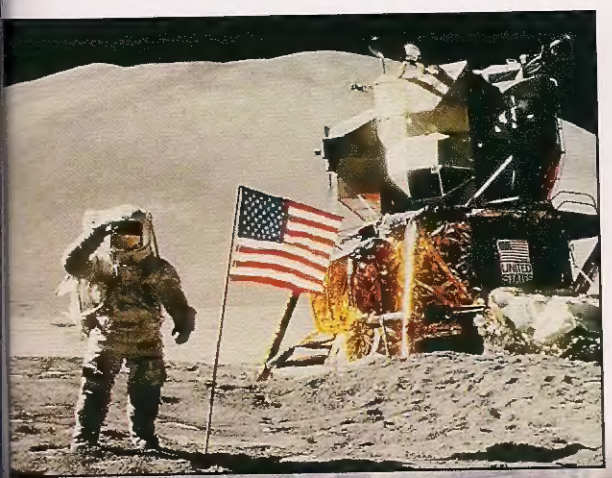
31 تَعريفات

32 مَسرَد (كَشّاف)

ساكِنة صامِتة، القُبّة الضَّخمة لمحطّة تَوليد القُدرة النَّوويّة تُخبّئُ الأجهزة والمُعَدّات عن البَصَر، وتُساعِدُ في احتواء نتائج ما قد يَقَعُ من حَوادِثَ.

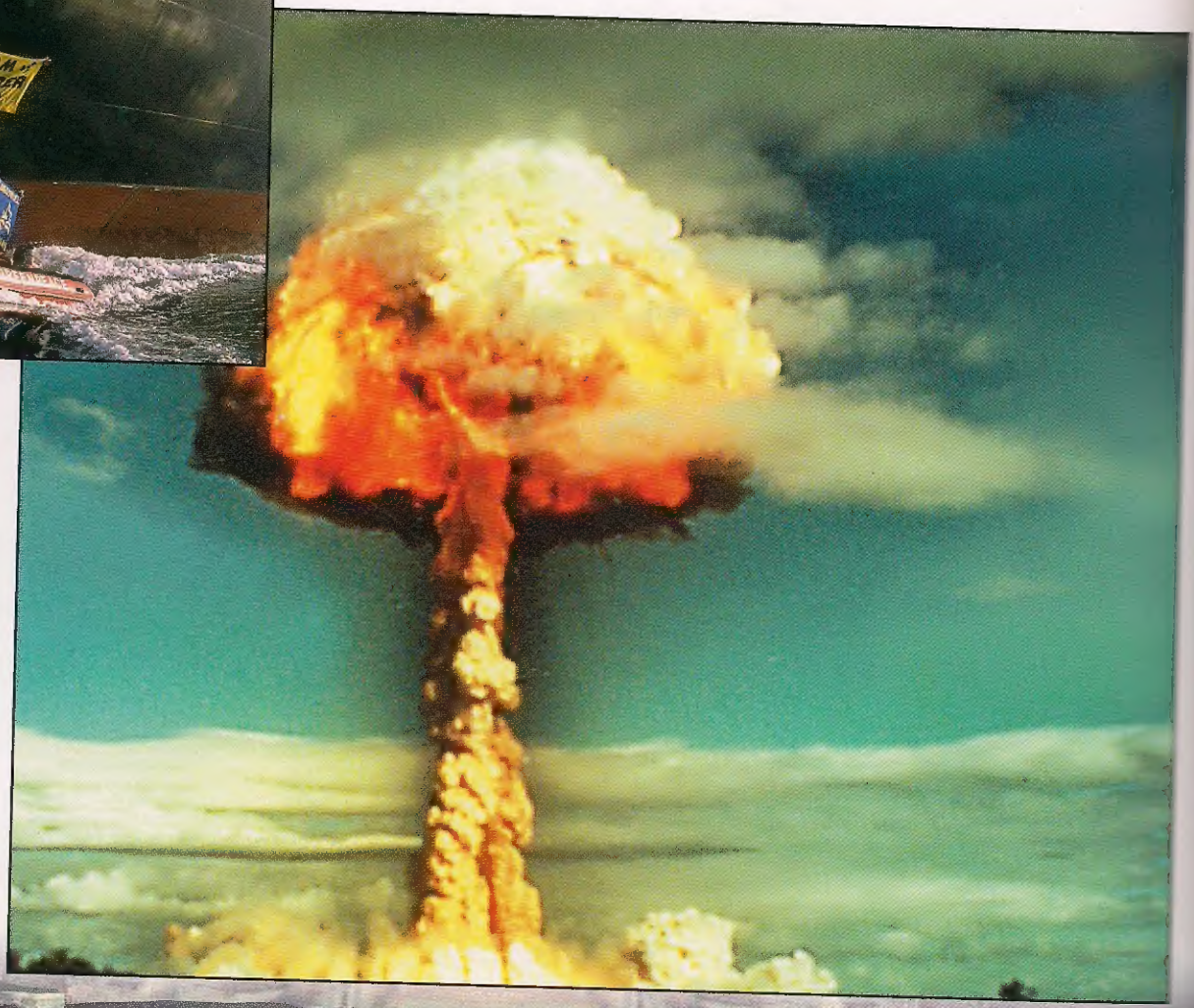
وَحَدات القُدرة النَّوويّة تَنتقِلُ إلى عَوالِمَ أخرى، بما فيها القمر، وحتّى إلى ما وراء الشَّمس والكواكب لتَسبُرَ أعماقَ الفضاء.



# مُقدِّمة

القُدرةُ النَّوَويّةُ واحدةٌ من أكثرِ مَصادِرِ طاقتِنا غُموضًا، وأصعَبِها فَهْمًا. وهي تَتسبَّبُ أيضًا بقيامِ جَدَلٍ حامٍ يَتطوَّرُ أحيانًا إلى مَواقِفِ غَضَبٍ. الطّاقةُ النَّوَويّةُ هي القُدرةُ المُحتبَسةُ في أصغرِ الأشياءِ في الكونِ وأكثرِها شُيوعًا – ألا وهي الذَّرّاتُ. لكنّ الوصولَ إلى تلك الطّاقةِ على نحوٍ نافعٍ يَعترِضُه مَخاطِرُ عديدةٌ. هل ستُنقِذُ القُدرةُ النَّوَويّةُ عالَمَنا، أم أنّها ستُدمِّرُه؟

يُخاطِرُ المُحتجّون بحياتهم في التَّظاهُر ضدّ استِعمال القُدرة النَّوويّة – التي، في هذه الحالة، تُشغِّلُ كاسِحة جليد.



إذا أُطلِقَت الطّاقة النَّوويّة دُفعةً واحدة ودون ضابِط، تكونُ النَّتيجة انفِجارًا هائلًا يَصعُبُ تخيُّل قوّته. وقد يُدمِّر مدينة كاملة في خمس ثوانٍ.

# 6 عَمَل الذَّرّات

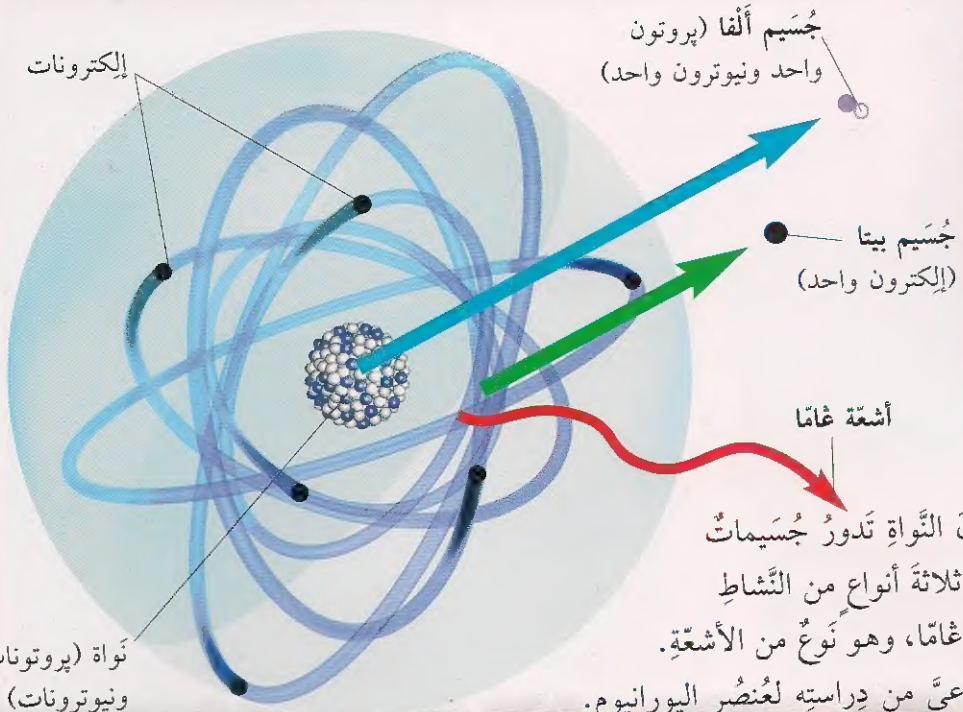
كلُّ ما في الكونِ يَتكوَّنُ من جُسَيماتٍ دقيقةٍ أصغرَ من أن نَراها نُسمّيها ذَرّاتٍ. لكنّ بعضَ أنواعِها تُطلِقُ طاقةً يُمكِنُ تَسخيرُها واسْتِعمالُها.

## نَشاط إشعاعيّ

من الذَّرّاتِ أكثرُ من مئةِ نَوعٍ. كلٌّ منها مادّةٌ كيماويّةٌ خالِصةٌ نَدعوها عُنصُرًا، كالحديدِ وهو عُنصُرٌ فِلزّيٌّ صُلْبٌ وكغازِ الأُكسجينِ غيرِ المرئيِّ. معظمُ أنواعِ الذَّرّاتِ مُستقِرّةٌ، وهو ما يَعني أنّها لا تَتغيَّرُ تِلقائيًّا. لكنّ منها قِلّةً غيرَ مُستقِرّةٍ، تُطلِقُ طاقةً مُشِعّةً – أي هي ذاتُ نَشاطٍ إشعاعيٍّ.

هنري بِكريل (1852-1908).

### الذَّرّة والنَّشاط الإشعاعيّ




للذَّرّةِ جُزءٌ مَركَزيٌّ هو نَواتُها، وهو يَتشكَّلُ من جُسَيماتٍ نَدعوها بروتوناتٍ ونيوتروناتٍ. وَحولَ النَّواةِ تَدورُ جُسَيماتٌ أخرى نَدعوها إلكتروناتٍ. يُمكِنُ أن تُطلِقَ الذَّرّةُ ثلاثةَ أنواعٍ من النَّشاطِ الإشعاعيِّ. إثنانِ منها هما أَلْفا وبيتا، والثّالثُ هو غامّا، وهو نَوعٌ من الأشعّةِ.

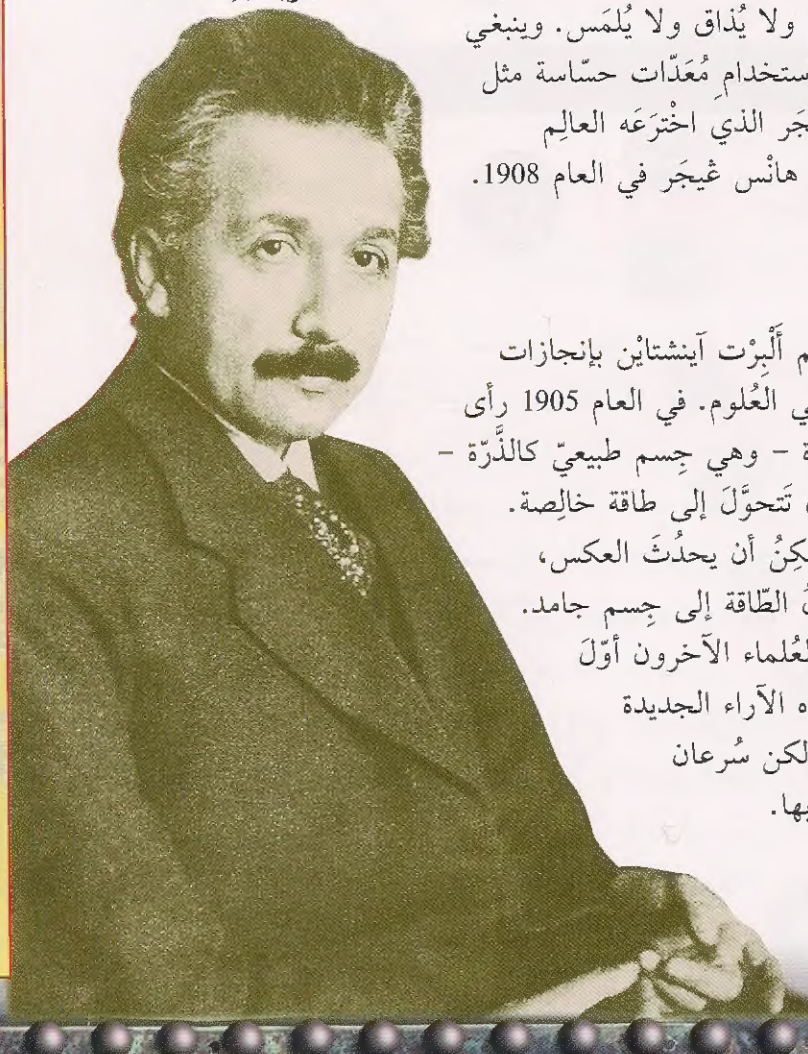
كان العالِمُ بِكريل أوّلَ مَن لاحَظَ النَّشاطَ الإشعاعيَّ من دِراستِه لعُنصُرِ اليورانيوم.

## سِرّ غامِض خَطِر

اِكتشَفَ العالِمُ الفرنسيُّ هَنْري بِكريل النَّشاطَ الإشعاعيَّ في العام 1896. ووَضَعَت مواطِنتُه العالِمةُ ماري كوري الاِسمَ الجديدَ. كان النَّشاطُ الإشعاعيُّ في بدايةِ الأمرِ سِرًّا - غيرَ مرئيٍّ لكنّه قويٌّ. لكن سُرعانَ ما أَصبَحَت مَخاطِرُه واضِحةً إذ أُصيبَ العامِلونَ بالنَّشاطِ الإشعاعيِّ بالأمراضِ وبعضُهم ماتَ.

وأدّى القيامُ بمَزيدٍ من الأبحاثِ، ومن بينها تلك التي قامَ بها العالِمُ أَلْبِرت آينشتايْن، إلى ازْديادِ فَهْمِنا لهذا النَّوعِ من الطّاقةِ. وبدأَ النّاسُ ابتِداءً من نحوِ العام 1920 يَتساءَلونَ ما إذا كان بالإمكانِ، بشكلٍ من الأشكالِ، تَسخيرُ هذه الطّاقةِ لتَوليدِ القُدرةِ الكهرَبائيّةِ، مثلاً.

النَّشاط الإشعاعيّ لا يُرى ولا يُسمَع ولا يُشَمّ ولا يُذاق ولا يُلمَس. وينبغي تَحرّيهِ باستخدامِ مُعَدّات حسّاسة مثل عَدّاد غيجَر الذي اخْتَرَعَه العالِم الألمانيّ هانْس غيجَر في العام 1908.



قامَ العالِم أَلْبِرْت آينشتايْن بإنجازات عظيمة في العُلوم. في العام 1905 رأى أنّ المادّة - وهي جِسم طبيعيّ كالذَّرّة - يُمكِنُ أن تَتحوَّلَ إلى طاقة خالِصة. أيضًا، يُمكِنُ أن يحدُثَ العكس، إذ تَتحوَّلُ الطّاقة إلى جِسم جامد. إستنكَرَ العُلماء الآخرون أوّلَ الأمر هذه الآراء الجديدة الغريبة، لكن سُرعان ما قَبِلوا بها.

### اِكتشاف جديد

العالِمة الفرنسيّة البولونيّة المَولِد ماري كوري دَرَسَت الطّاقة الجديدة التي تَحدَّثَ عنها بِكريل. فقد عَمِلَت على تَنقية فِلِزَّين هما اليورانيوم والثوريوم وبَيَّنَت أنّهما يُطلِقانِ بعض النَّشاط الإشعاعيّ. واكْتَشَفَت أيضًا عُنصُرَين كيميائيَّين جديدَين من نشاطهما الإشعاعيّ فقط وأَسمَتهما البولونيوم والراديوم.

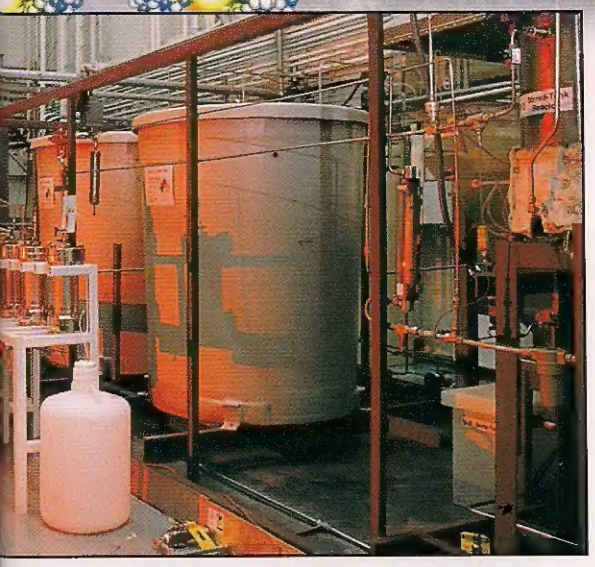
ماري كوري (1867-1934).

# 8 تَحطيم الذَّرّة

**القُدرةُ النَّوَويّةُ يأتي اسْمُها من الطّاقةِ التي نَحصُلُ عليها من تَحطيمِ، أو شَطْرِ، الجُزءِ المَركَزيِّ من الذَّرّةِ - النَّواة.**

## تَحطيم الذَّرّة

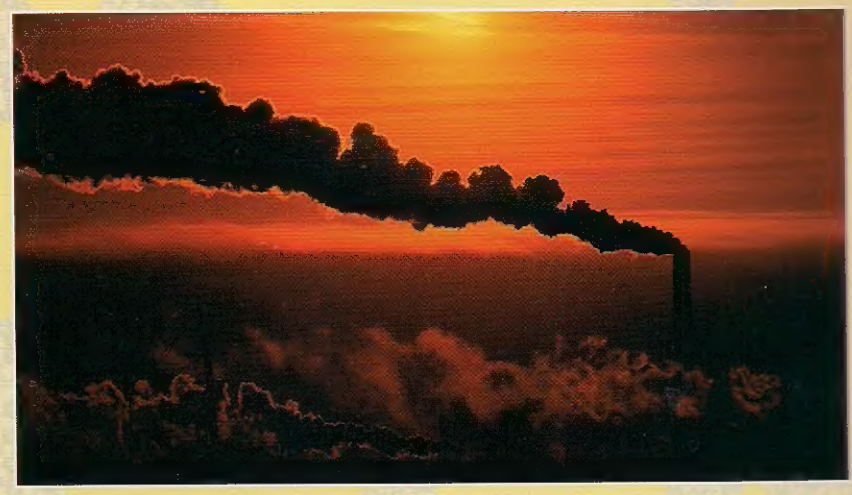
كان يُظَنُّ أنّ الذَّرّاتِ هي أصغَرُ الجُسَيماتِ كلِّها، وأنّه لذلك يَستَحيلُ تَحطيمُها. في العام 1919، أعلَنَ العالِمُ إرْنِسْت رَذَرفورْد وفريقُ عملِه أنّهم حَطَّموا ذَرّةً! في الواقعِ أنّهم حَطَّموا نَواةَ ذَرّةٍ، وانْبعَثَ من تَحطيمِها طاقةٌ.



في الأربعينيّات والخمسينيّات من القَرن العشرين المُنصرِم، جَرى في مدينة هانْفورْد في ولاية واشنطن الأميركيّة العديد من الإختبارات على تَحطيم الذَّرّات. وسُرعان ما أصبَحَت هانْفورْد مَركَزًا نَوويًّا رئيسيًّا.

### قضايا بيئيّة

في الخمسينيّات من القَرن العشرينَ المُنصرِم كانت معظم مَحطّات تَوليد القُدرة والمَصانِع تُحرِقُ وُقُدًا أُحفوريّة مثل الفَحم الحَجَريّ والنّفط. فمَلأَتِ الأدخِنة والأبخِرة المُنبعِثة منها الجوَّ. وَجَدَ النّاس في الطّاقة النَّوويّة أملًا كبيرًا، لأنّه لا يَنبعِثُ منها أدخِنة وأبخِرة. لكن في ذلك الوقت، لم تَكُنْ مُشكِلاتُ القُدرة النَّوويّة قد عُرِفَت كلُّها.



في الخمسينيّات من القَرن العشرين: هل تُعيدُ الطّاقة النَّوويّة لنا سماءنا الزَّرقاء؟

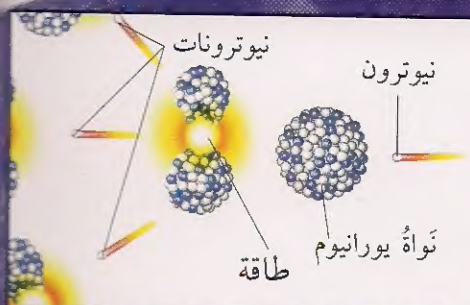
## تَفاعُل مُتسلسِل

التَّفاعُلُ المُتسلسِلُ تُطلِقُه كمّيّةٌ ضئيلةٌ من الطّاقةِ (ويَتواصَلُ بعد ذلك تِلقائيًّا). نَواةُ الذَّرّةِ مُحاطةٌ بإلِكتروناتٍ تَدورُ بسُرعاتٍ هائلةٍ في مداراتٍ محدَّدةٍ تؤلِّفُ غِلافًا لا يُمكِنُ اخْتِراقُه عادةً لكن باسْتِطاعةِ نيوترونٍ عالي السُّرعةِ، مُندفِعًا بعُنْفٍ، أن يَخترِقَ الغِلافَ ويَفلِقَ النَّواةَ إلى شَطْرَينِ. ويَنتِجُ عن الإنشطارِ أيضًا نيوترونانِ جديدانِ أو ثلاثةٌ تَصدِمُ بدَورِها نَوًى أخرى مُسبِّبةً تَفاعُلًا مُتسلسِلًا مُتعاظِمًا.

## اِنشِطار وانشِطار وانشِطار...

ماذا يَحدُثُ إذا ما أَمكَنَ اسْتِعمالُ الجُسَيماتِ والطّاقةِ المُنبعِثةِ في شَطْرِ مَزيدٍ من النَّوى؟ عندئذٍ يَتواصَلُ التَّفاعُلُ المُتسلسِلُ ما دامَ هناك نَوًى قابِلةٌ للاِنْشِطارِ، كنَوى اليورانيوم. في العام 1942 في شيكاغو، الولايات المتّحدة، قامَ العالِمُ الإيطاليُّ إنْريكو فيرْمي بأوّلِ تَفاعُلٍ مُتسلسِلٍ مَحكومٍ، أو مُتحكَّمٍ به. وانْفتَحَتِ الطَّريقُ أمام القدرةِ النَّوَويّةِ.

العالِم الإيطاليّ المَولِد إنْريكو فيرْمي (1901-54) قامَ مع فريق عَمَله بأوّل تَفاعُل مُتسلسِل في العالَم.




في كلِّ مَرحَلةٍ، تُطلَقُ جُسَيماتُ النّيوتروناتِ على نَوى اليورانيوم. فتَنشطِرُ، مُطلِقةً حرارةً وأشكالًا أخرى من الطّاقةِ، ومَزيدًا من النّيوتروناتِ.

# 10 الوَقود والطّاقة النَّوويّة

الوَقودُ الرَّئيسيُّ لمَحطّاتِ القُدرةِ النَّوَويّةِ هو اليورانيوم. اليورانيوم النَّقيُّ، أو الصِّرْفُ، فِلِزٌّ فِضّيُّ اللَّونِ ولَمّاعٌ وصُلْبٌ وثَقيلٌ. وهو مَوجودٌ في الأرضِ في صُخورٍ نَدعوها خاماتٍ.

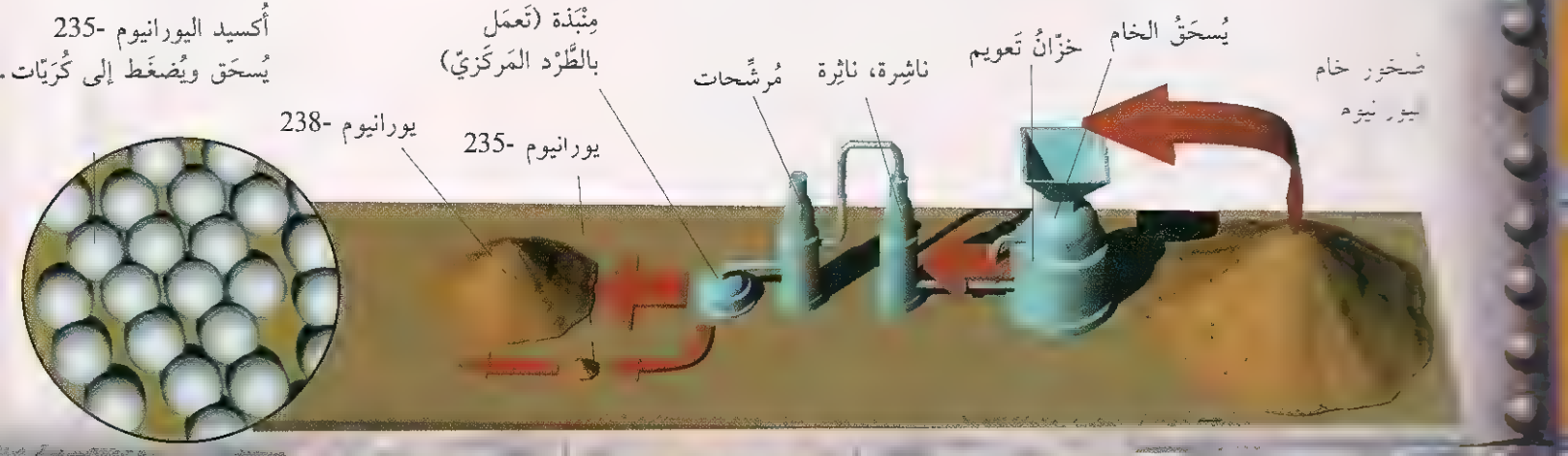
## خامُ اليورانيوم

خامُ اليورانيوم الرَّئيسيُّ يُعرَفُ بِاسْم بِتشْبلنْد. على أنّ اليورانيوم نَفْسَه يكونُ شديدَ التَّبعثُرِ في صُخورِ هذا الخامِ حتّى إنّ كومةً بحَجمِ منزِلٍ منه تُعطينا كُتلةً من اليورانيوم بحَجمِ قَبضةِ اليدِ.

الفعّاليّة الإشعاعيّة الطَّبيعيّة لليورانيوم المُنتشِر في الصُّخور ليست شديدة القوّة. لكن في المَناجِم السَّطحيّة يُمكِنُ أن تَنكشِفَ في الأكوام المُتخلِّفة عن عَمَليّة التَّعدين.

## من صُخور إلى قُضبان

أنواعُ خاماتِ اليورانيوم المُختلِفةُ تُنقّى بطُرُقٍ مُختلِفةٍ. يُمكِنُ أن تُسحَقَ وتُغطَّسَ في خزّاناتِ تَعويمٍ لفَصْلِ الأجزاءِ الثَّقيلةِ عن الخفيفةِ، وتُذابَ، وتُفرَزَ بالطَّرْدِ المَركَزيِّ – تُدوَّرُ بسُرعةٍ كبيرةٍ، كما تُدوَّرُ مُجفِّفةُ المَلابِسِ. وتدريجًا يُفصَلُ يورانيوم – 235 المُفيدُ للمُفاعِلِ النَّوويِّ. ويُبذَلُ حِرْصٌ شديدٌ إذ يُصبِحُ اليورانيوم أكثرَ نقاءً وتُصبِحُ طبيعتُه الإشعاعيّةُ أشدَّ فعّاليّةً. وَقودُ البلوتونيوم يُعَدُّ بطريقةٍ مُغايِرةٍ (أُنظُرْ ص 15).



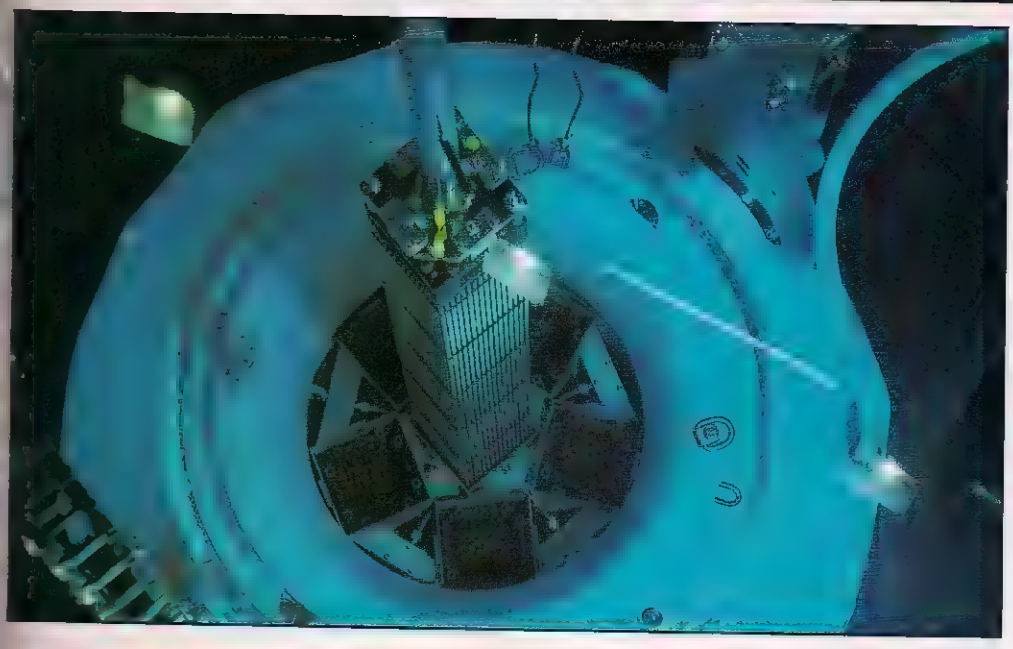
## قضايا بيئيّة

استُعمِلَت أنفاقُ المَناجِم في أعماق الأرض لخزْنِ النُّفايات الإشعاعيّة المُتخلِّفة عن الصِّناعة النَّوويّة، بعد اسْتِنفاد ما فيها من يورانيوم أو غيره من موادَّ مُشِعّة. لكنّ تقطُّرَ الماء عبر الصُّخور يُمكِنُ أن يؤدّيَ إلى انتِقال الإشعاعيّة وتهديد مَناطِقَ واسعة.

الموادّ المُشِعّة: نَستخرِجُها من الأرض خاماتٍ ونُعيدُها إليها فَضَلات.

## يورانيوم - 235

تَنقيةُ اليورانيوم من خاماتِه عَمَليّةٌ صَعبةٌ ذاتُ مَراحِلَ طبيعيّةٍ (فيزيائيّةٍ) وكيميائيّةٍ عدّةٍ. أيضًا، ليس كلُّ هذا اليورانيوم صالِحًا لِلاستِعمالِ في القُدرةِ النَّوويّةِ. فاليورانيوم، كالعديدِ غيرِه من العَناصِرِ، يُوجَدُ في أشكالٍ عدّةٍ، تُدعى نَظائرَ. هذه تَبدو مُتشابِهةً لكنّ بينها اختِلافًا بَسيطًا في عَدَدِ الجُسَيماتِ في ذَرّاتِها. النَّظيرُ الصّالِحُ، يورانيوم - 235، يَنبغي فَصْلُه عن النَّظيرِ الآخرِ الأشيَعِ، يورانيوم - 238، قبل أن يُمكِنَ اسْتِعمالُه وَقودًا نوويًّا.

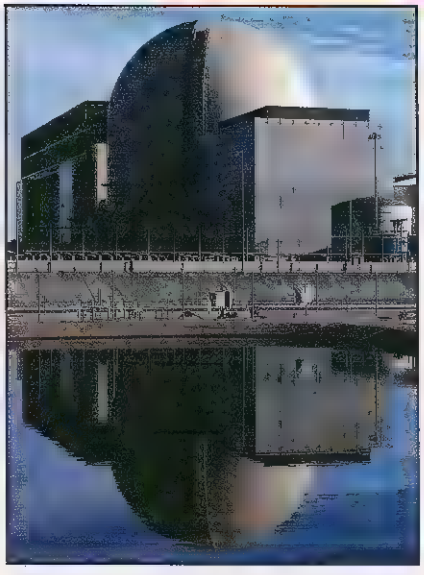


مَجموعة الوَقود تُعَدُّ لمُفاعِلِ القُدرة النَّوويّة.

تَتشكَّلُ مجموعةُ وَقودِ المُفاعِلِ النَّوويّ من عَدَد من القُضبان يَصِلُ إلى 200، ومن عَدَد مُماثِل من قُضبانِ التَّحكُّم.

# 12 القُدرة النَّوويّة

**في مُعظم مَحطّاتِ تَوليدِ القُدرةِ تُحرَقُ الوُقُودُ لتَوليدِ حرارةٍ، والحرارةُ تُحوِّلُ الماءَ إلى بُخارٍ، والبُخارُ يُدوِّرُ توربيناتٍ، والتَوربيناتُ تُدوِّرُ مولِّداتٍ للكهرَباءِ.**



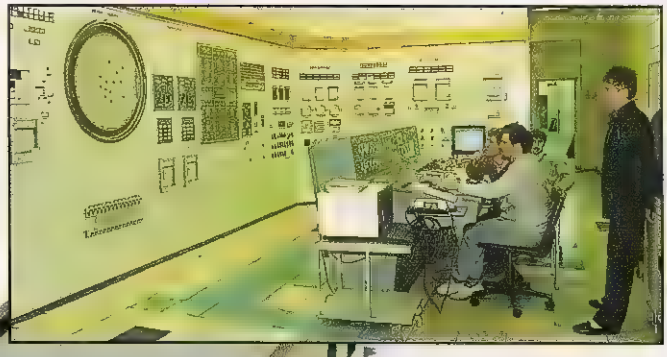
يُحاطُ المُفاعِل بطَبَقات من الخَرَسانة لِاحتواء أيّ تسرُّب إشعاعيّ.

في مَحطّةِ تَوليدِ القُدرةِ النَّوويّةِ أجزاءٌ عديدةٌ مُشابِهةٌ لمَحطّاتِ تَوليدِ القُدرةِ الأخرى الكبيرةِ. مَصدَرُ طاقةٍ يُسخِّنُ الماءَ إلى دَرَجةِ الغَلَيانِ مُحوِّلًا إيّاهُ إلى بُخارٍ فائقِ الحرارةِ، يَندفِعُ مَضغوطًا عبر أنابيبَ، إلى التّوربيناتِ والمولِّداتِ. لكنّ مَصدَرَ الطّاقةِ هنا هو وَقودٌ إشعاعيٌّ في وِعاءِ المُفاعِلِ. إلى جانبِ أخطارِ الحرارةِ الفائقةِ والضَّغطِ الهائلِ، فإنّ خَطَرَ فعّاليّةِ المُفاعِلِ الإشعاعيّةِ والنُّفاياتِ المُشِعّةِ التي تَتخلَّفُ عن المُفاعِلِ تُشكِّلُ أخطارًا إضافيّةً. (تَرى أنواعًا من المُفاعِلاتِ في ص 14-15.)

## لا احْتراق

تَختلِفُ مَحطّةُ القُدرةِ النَّوَويّةِ اختِلافَينِ رئيسيَّينِ عن مَحطّاتِ القُدرةِ الأخرى. الأوّلُ، لا تُحرِقُ وَقودًا. فالحرارةُ مَصدَرُها تَفاعُلٌ مُتسلسِلٌ حَكومٌ، أي مُتحكَّمٌ به، داخِلَ المُفاعِلِ، والذي يُمكِنُ تَشبيهُه بإبريقِ تَسخينٍ نَوويٍّ. الثّاني، الجُزءُ الرَّئيسيُّ من مَحطّةِ تَوليدِ الطّاقةِ تَعلوه قُبّةٌ هائلةٌ لِاحتِواءِ النَّشاطِ الإشعاعيِّ الذي يُمكِنُ أن يَتسرَّبَ في حالةِ وقوعِ حادثٍ.

حُجرةُ المُراقَبة المَركَزيّة



حُجرةُ المُراقَبة

مِنطَقةُ تَحميلِ الوَقود

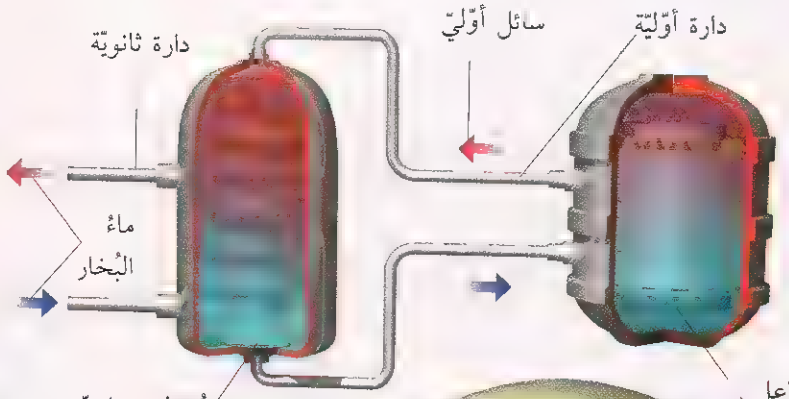
### قضايا بيئيّة

الإشعاعيّة التي توفِّرُ الطّاقة الأساسيّة لمحطّة تَوليد الطّاقة يُمكِنُ أن تَنتشِرَ إلى أجزاء عديدة، حتّى إلى مياه التَّبريد، والتي تُصرَّفُ في ما بعد عبر أنابيبَ إلى البحر.

إشعاعيّة ضعيفة تَتسرَّبُ إلى البحر.

## دارات المُفاعِل

مَجموعتانِ من السَّوائلِ لكلٍّ منهما دارتُها الخاصّةُ. السّائلُ الأوّليُّ يَجري عبر المُفاعِلِ ويَكتسِبُ حرارةً لكنّه أيضًا يَكتسِبُ بعضَ الإشعاعيّةِ. السّائلُ الثّانويُّ يَكتسِبُ الحرارةَ، على شكلِ بُخارٍ، لكنّه لا يَكتسِبُ إشعاعيّةً.

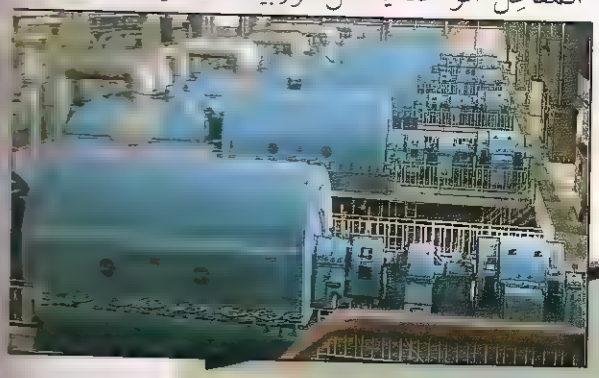



وِعاء المُفاعِل

مُبادِل حراريّ

قُبّة خَرَسانيّة

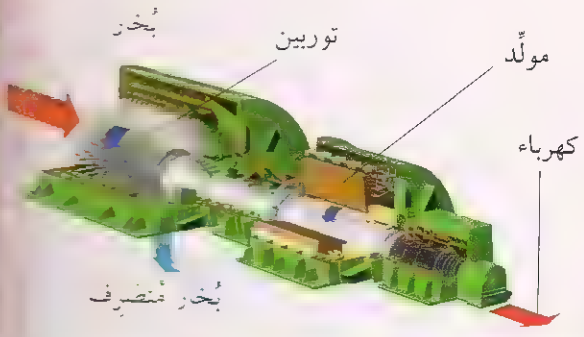
حِجاب (دِرْع) الإشعاع



المُفاعِل الواحد يُشغِّل توربينات عديدة.

## التّوربين والمولِّد

البُخارُ العالي الضَّغطِ أو سائلٌ ثانويٌّ مُشبِعٌ يَدفعُ ريشاتِ التّوربينِ الزّاويّةَ، وهو ما يُديرُ مولِّدَ الكهرباءِ.



# 14 أنواع المُفاعِلات

**معظمُ أنواعِ المُفاعِلاتِ النَّوَويّةِ تَعمَلُ بطريقةٍ أساسيّةٍ واحدةٍ. تَتحكَّمُ بانشِطارِ النَّوى في ذَرّاتِ اليورانيوم، وهو انْشِطارٌ يُطلِقُ حرارةً. لكنّ المُفاعِلاتِ تَختلِفُ في شكلِها وتَصميماتِها.**

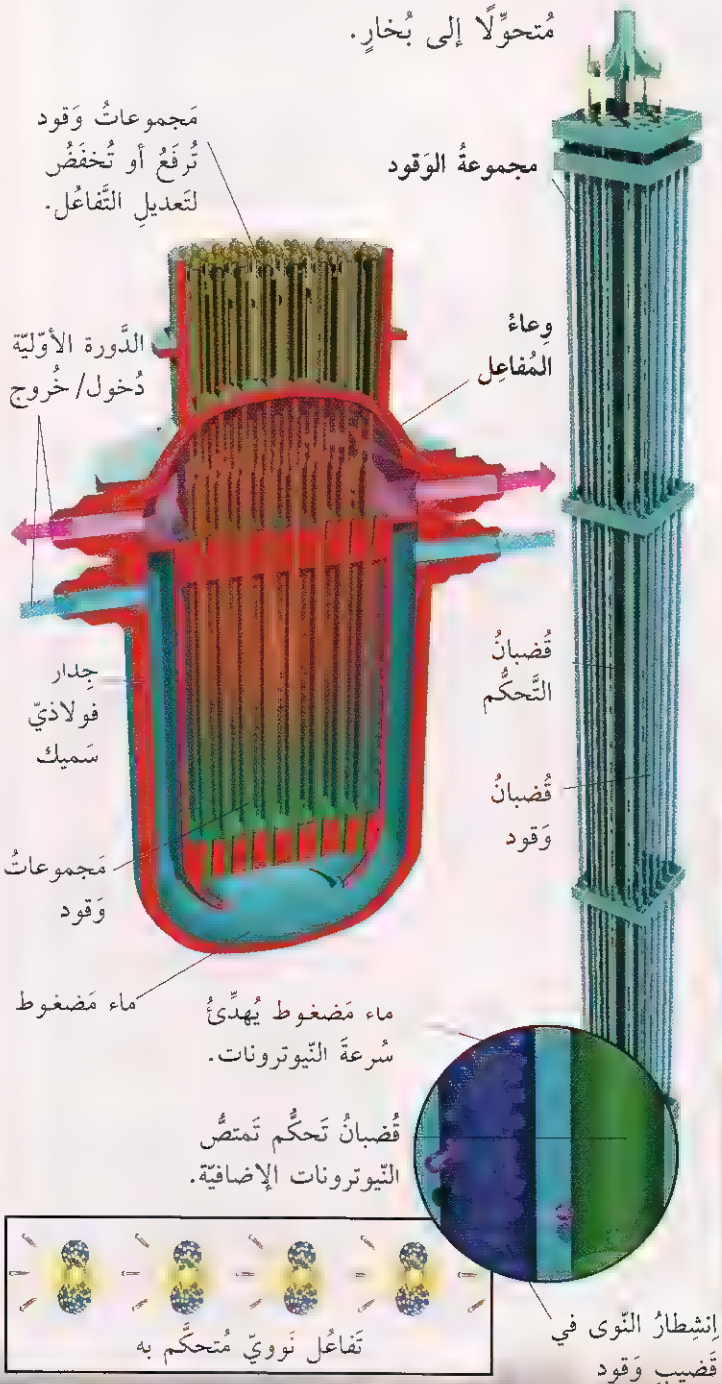
## التَّحكُّم بالعَمَليّة

في المُفاعِلِ النَّوَويِّ، تَنشطِرُ نَوى اليورانيوم، فَتطلِقُ نيوتروناتٍ في تَفاعُلٍ مُتسلسِلٍ. لمَنْعِ ذلك من أن يَخرُجَ عن السَّيطرةِ، تَمتصُّ قُضبانُ تَحكُّمٍ النّيوتروناتِ الفائضةَ، بحيث يُطلِقُ انشِطارُ نَواةٍ واحدةٍ نيوترونًا واحدًا للانشِطارِ التّالي. قُضبانُ التَّحكُّمِ تكونُ عادةً من عُنصُرِ البورون. وهو مادّةٌ مُهدِّئةٌ يُمكِنُ استِعمالُها أيضًا لإبطاءِ النّيوتروناتِ إلى السُّرعةِ المُناسِبةِ.

مُفاعِلٌ تَحجُبُه قُبّةٌ رئيسيّةٌ ضخمة.

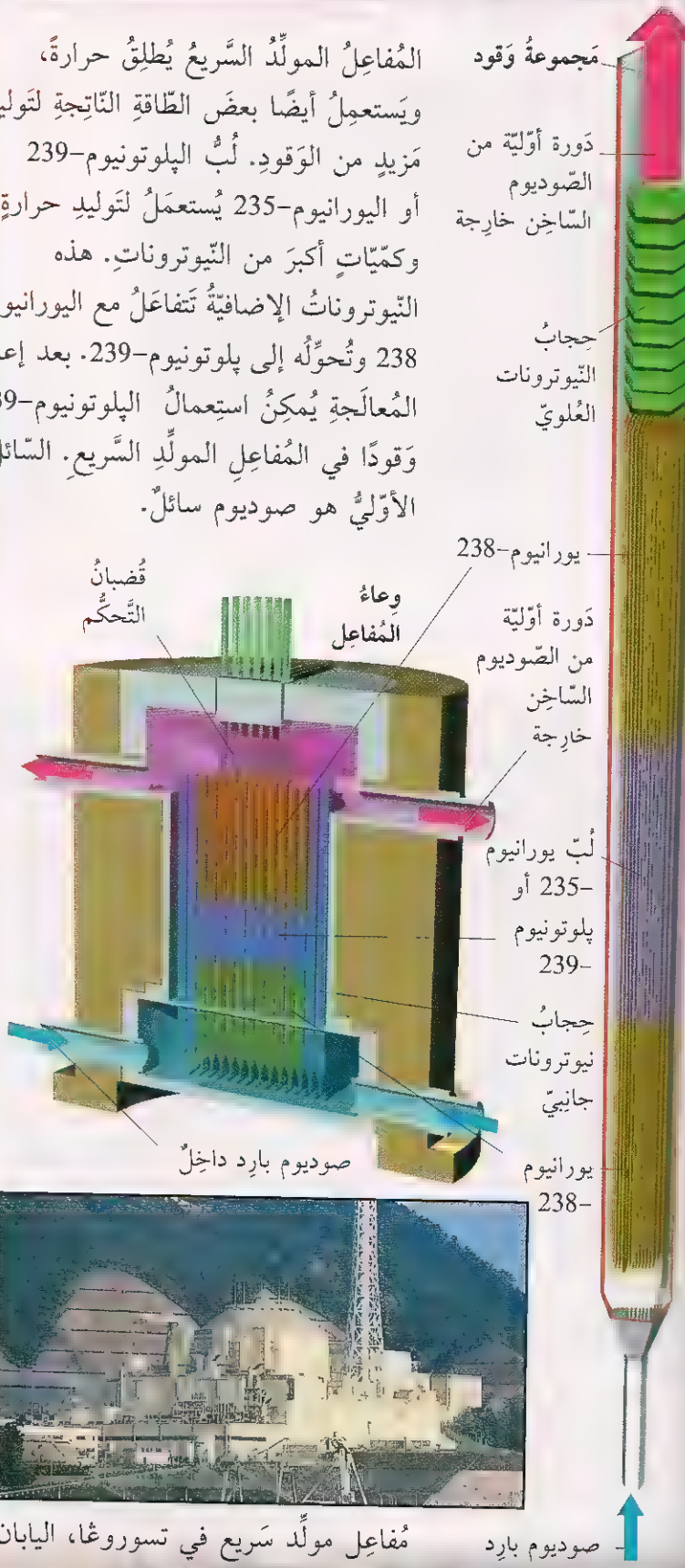
## تَصميمُ مُفاعِلِ الماءِ المَضغوط

في تَصميمِ مُفاعِلِ الماءِ المَضغوطِ (PWR) تَحتوي الدَّورةُ الأوّليّةُ المَختومةُ ماءً تحت ضغطٍ شديدٍ، وهو ما يَمنَعُه من الغَلَيانِ. يَجري الماءُ مُجاورًا مَجموعاتِ الوَقودِ في لُبِّ المُفاعِلِ، حيث يَمتصُّ حرارةً وإشعاعيّةً. ثمّ يَجري حول الدَّورةِ الأوّليّةِ، فيَشِعُّ حرارةً (لكن لا إشعاعيّةً) على الدَّورةِ الثّانويّةِ، التي يَغلي ماؤها الخاصُّ مُتحوِّلًا إلى بُخارٍ.



## المُفاعِل المولِّد السَّريع

المُفاعِلُ المولِّدُ السَّريعُ يُطلِقُ حرارةً، ويَستعمِلُ أيضًا بعضَ الطّاقةِ النّاتِجةِ لتَوليدِ مَزيدٍ من الوَقودِ. لُبُّ البلوتونيوم-239 أو اليورانيوم-235 يُستعمَلُ لتَوليدِ حرارةٍ وكمّيّاتٍ أكبرَ من النّيوتروناتِ. هذه النّيوتروناتُ الإضافيّةُ تَتفاعَلُ مع اليورانيوم-238 وتُحوِّلُه إلى بلوتونيوم-239. بعد إعادةِ المُعالَجةِ يُمكِنُ استِعمالُ البلوتونيوم-239 وَقودًا في المُفاعِلِ المولِّدِ السَّريعِ. السّائلُ الأوّليُّ هو صوديوم سائلٌ.




مُفاعِل مولِّد سَريع في تسوروغا، اليابان.

## قضايا بيئيّة

اليورانيوم والبلوتونيوم وموادُّ أخرى مُشابِهة لا تُستخدَمُ فقط في مَحطّاتِ القُدرة. تُستخدَمُ أيضًا بأشكال مُختلِفة في صُنْعِ الأسلِحة النَّوويّة. لذا تَحرِصُ الحُكومات على إبقاء المواقع النَّوويّة تحت الحِماية المُشدَّدة وتَحرِصُ على إبقاء المُتظاهِرين أو غيرهم بعيدًا عنها.

شُرطة تَحرِسُ مَخزَنًا نَوويًّا.

## أنواعُ المُفاعِلات

جُرِّبَت أنواعٌ عديدةٌ من تَصاميمِ المُفاعِلاتِ النَّوَويّةِ، وأُعطِيَت أسماءً مثلَ: ماغْنُكْس، الماءُ الخفيفُ، الماءُ الثَّقيلُ، والغازيُّ التَّبريدِ. الفُروقُ الرَّئيسيّةُ بينها تَكمُنُ في تَركيبِ قُضبانِ الوَقودِ المُختلِفةِ، وقُضبانِ التَّحكُّمِ المُختلِفةِ، والمُهدِّئاتِ، وأنواعِ السَّوائلِ في الدَّوراتِ. نحوُ ثُلثَي مُفاعِلاتِ مَحطّاتِ تَوليدِ القُدرةِ النَّوَويّةِ في العالَمِ اليومَ هي من تَصميمِ مُفاعِلِ الماءِ المَضغوطِ.

**تُطلِقُ كُتلةٌ من وَقودِ اليورانيومِ النَّوَويِّ أكثرَ ممّا تُطلِقُه كُتلةٌ بالحَجمِ نَفْسِهِ من الفَحْمِ الحَجَريِّ بمليونَي مرّةٍ. لِمَ إذًا لا نَزيدُ في استِعمالِ القُدرةِ النَّوَويّةِ؟**

بعضُ النُّفايات النَّوويّة تُخزَنُ في كُهوف أو أنفاق عميقة تحت قاعِ البحر. لكن يُمكِنُ أن تَتسبَّب الزَّلازِل بتَشقُّق الصُّخور وتَسرُّب الإشعاعيّة.

## نِقاط إيجابيّة

للطّاقةِ النَّوَويّةِ مَنافِعُ عدّةٌ. فهي تولِّدُ قُدرةً هائلةً من كمّيّاتٍ ضئيلةٍ من الوَقودِ. هذه الوُقُدُ ستَدومُ فترةً أطولَ بكثيرٍ ممّا ستَدومُه الوُقُدُ الأُحفوريّةُ مثلُ الفَحْمِ الحَجَريِّ والنَّفطِ والغازِ، التي تُحرَقُ في مَحطّاتِ توليدٍ أخرى للطّاقةِ. أيضًا، فإنّ احتِراقَ الوُقُدِ الأُحفوريّةِ يؤدّي إلى غازاتِ الاحتِباسِ الجوّيِّ الحراريِّ (غازاتِ الدَّفيئةِ) التي تَتسبَّبُ بالحُمُوِّ العالَميِّ، وبتَلوُّثٍ كيميائيٍّ مثلِ الضَّبابِ الدُّخانِيِّ والحَمضِ الحامِضيِّ. القُدرةُ النَّوَويّةُ لا يَكادُ يَصدُرُ عنها أيٌّ من هذه المُشكِلاتِ.

عُمّالُ الطّاقةِ النَّوويّة يَلبَسونَ مَلابِسَ خاصّة وأقنِعة تَتلوَّثُ بالاستِعمال وتُصبِحُ نُفاياتٍ خفيضةً، أو ضعيفة.

القُضبان المُستعمَلة لوَقود المُفاعِل النَّوويّ وغيرها من مُعَدّات المُفاعِل، والموادّ المُستعمَلة في صُنْع الأسلِحة النَّوويّة، هي نُفايات نَوويّة عالية. في هانْفورْد، الولايات المتّحدة، يُختزَنُ كمّيّات كبيرة منها.

## نِقاط سلبيّة

على أنّ للطّاقةِ النَّوَويّةِ عَدَدًا من العُيوبِ الخَطيرةِ. منها أنّه يَنتِجُ عنها كمّيّاتٌ كبيرةٌ من النُّفاياتِ المُلوَّثةِ – موادُّ وأجسامٌ إشعاعيّةٌ، وهي بالتّالي خَطِرةٌ. الفعّاليّةُ الإشعاعيّةُ تَدومُ مئاتِ السِّنينَ بل ألوفَ السِّنينَ. الآن النُّفاياتُ مُختزَنةٌ. لكن لا يَعرِفُ أحدٌ كيف يُمكِنُ حِفْظُها مُحتبَسةً بشكلٍ تامٍّ، أو أين يُمكِنُ خَزْنُها فلا تَتسرَّبَ في المُستقبَلِ.

### قضايا بيئيّة

بعضُ النُّفايات النَّوويّة الخفيضة، الضَّعيفة النَّشاط الإشعاعيّ، خُتِمَت في براميلَ أو ما أشبهَ من مُستوعَبات، وأُلقِيَت في البحر. لكنّ ماءَ البحر المالِحَ يُمكِنُ أن يَتأكّلَ المُستوعَبات فتَتسرَّبَ الإشعاعات الخَطِرة خارجًا.

اِحتجاجُ أفراد من مُنظَّمة غْرينپيس ضِدَّ رَمْيِ النُّفايات النَّوويّة في البحر.

## أنفاق تَخزين

يَبدو أنّ في طَمْرِ النُّفاياتِ النَّوويّةِ حلًّا من الحُلولِ المُمكِنةِ. من المَواقِعِ المُحتمَلةِ جَبَلُ يوكا، في صحراءِ نيڤادا. لا يُحتمَلُ أن تَتعرَّضَ الأرضُ هناك للبراكينِ أو الزَّلازِلِ أو الفَيَضاناتِ. نحوُ 12000 مُستوعَبٍ ضخمٍ من الفولاذِ والزُّجاجِ ستُطمَرُ هناك بعُمقِ 300 مترٍ تحت السَّطحِ.

# 18 خَطَر الحَوادِث

على الرُّغمِ من احْتياطاتِ الأمانِ، تَقَعُ الحَوادِثُ. بل وتَحدُثُ في صِناعاتِ إنتاجِ الطّاقةِ. لكنّ مُشكِلتَينِ في القُدرةِ النَّوَويّةِ يُمكِنُ أن تُحوِّلا مأساةً مَحلّيّةً إلى كارِثةٍ عالَميّةٍ.

## تَسرُّب النَّشاط الإشعاعيّ

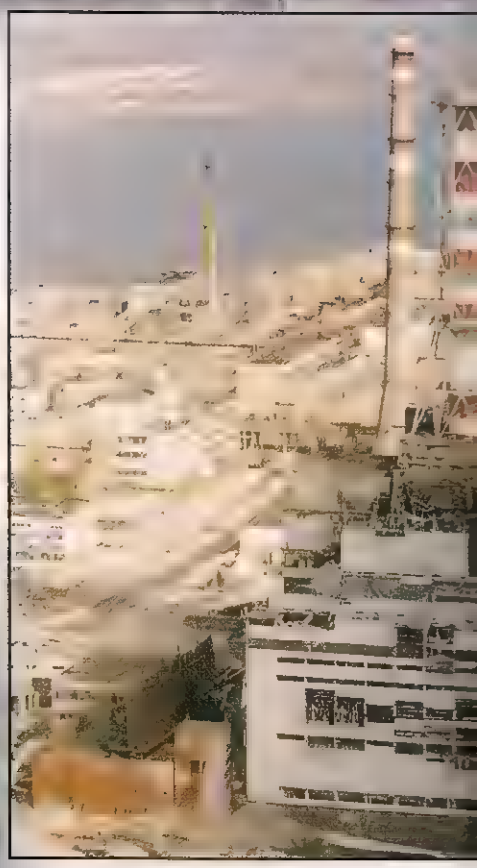
إحدى المُشكِلتَينِ تَسرُّبُ النَّشاطِ الإشعاعيِّ. فذلك قد يَتسرَّبُ إلى الهواءِ أو الأنهارِ أو البِحارِ ويَنتشِرُ مسافةَ ألوفِ الكيلومتراتِ. حتّى الكمّيّاتُ الضَّئيلةُ منه يُمكِنُ أن تَضُرَّ بالحياةِ البرّيّةِ والمَحاصيلِ وحيواناتِ المَزارِعِ والنّاسِ. أمّا الكمّيّاتُ الكبيرةُ فتَقتُلُ كلَّ شيءٍ في أيّامٍ بل في ساعاتٍ.

### قضايا **الحقيقة**

الشَّرِكات النَّوويّة كثيرًا ما تؤكِّدُ للنّاس أنّ أيَّ نَشاط إشعاعيّ تُطلِقُه هو ضئيلٌ للغاية. لكن أحيانًا تُظهِرُ الفُحوص أنّ الإشعاعيّة ليست ضئيلةً كما يَزعَمونَ. نتيجةً لذلك لم يَعُدْ بعضُ الناس يَثِقونَ بالمَعلومات التي تُعلِنُها الصِّناعات النَّوويّة.

ميناءُ التَّبريد في مَحطّة القُدرة النَّوويّة: أهي إشعاعيّة؟

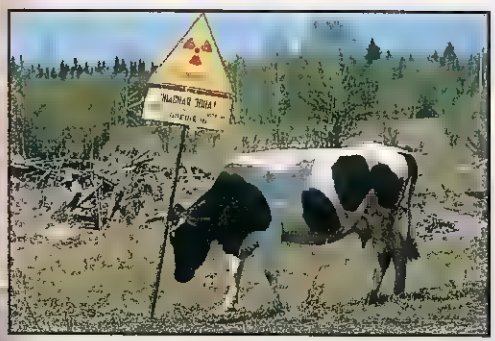
ظَلَّ خَطَرُ انْصِهار مُفاعِل نَوويّ في مَوقِع ثْري مايل آيلَند قائمًا لمدّة يومَين. تَمَّ احتواءُ المُشكِلة من غيرِ أن يَتسرَّبَ أيُّ نشاط إشعاعيّ أو يَتأذّى أحد. ثمّ ذاعَت أخبار تقولُ إنّ الحقيقة قد طُمِسَت.



في العام 1986، انْفجَرَ مُفاعِلُ تْشِرْنوبِل في أوكرانيا. اِنفجَرَ السَّقف الحاجِب، فانْطلَقَت الإشعاعيّة في القارّة الأوروبيّة. الألوف هَرَبوا، ومات بعضهم بعد حين. خُتِمَ المُفاعِل على الأثَر في نَعْش من الخَرَسانة (الصّورة المُندسَّة).

## اِنصِهار!

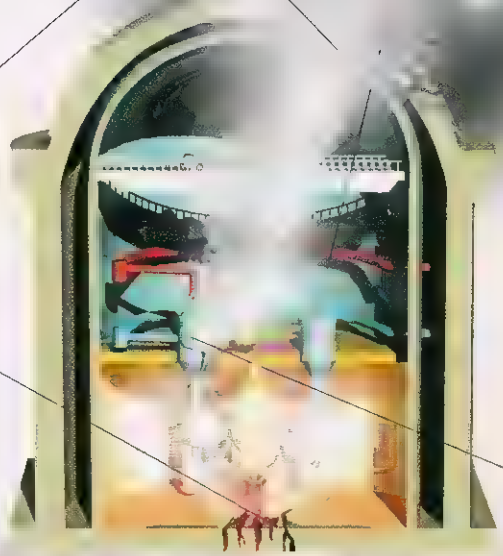
المُشكِلةُ الثّانيةُ هي احتِمالُ أن يَخرُجَ التَّفاعُلُ المُتسلسِلُ عن التَّحكُّم. يَتسارَعُ ويُطلِقُ المزيدَ من الإشعاعيّةِ والحرارةِ. وإذا اشْتَدَّت حرارةُ المُفاعِلِ يَنصهِرُ. وإذا حَدَثَ ذلك فجأةً، تكونُ النَّتيجةُ أشبَهَ بقُنبُلةٍ نَوَويّةٍ.



النَّشاط الإشعاعيّ يَتسرَّبُ إلى التُّربة والنَّباتات والحيوانات والبَشَر.

## ازمة نَوويّة

في العام 1979 أَصبَحَت هارِسْبورْغ عاصِمةَ بِنْسلفانيا، الولايات المتّحدة، مَحَطَّ قَلَقِ العالَمِ. فإنّ مَحَطّةَ تَوليدٍ نَوويّةً قريبةً هي ثْري مايل آيلنْد، تَعرَّضَت لسِلسِلةٍ من الإضطراباتِ. وأَمكَنَ تجنُّبُ انْفِجارِها بصُعوبةٍ بالغةٍ. بعد سبعِ سنواتٍ لم يَكُنْ مُفاعِلُ تْشِرْنوبِل مَحظوظًا (فوق إلى اليمين). حَدَثَت هناك أيضًا سِلسِلةٌ من المُشكِلاتِ. تَعطَّلَت مُعَدّاتُ التَّبريدِ، ثمّ تَعطَّلَت وَسائلُ الأمانِ الاِحتياطيّةُ أيضًا. الاِنفِجارُ الأخيرُ فَتَحَ المَجالَ أمام النَّشاطِ الإشعاعيِّ ليَنتشِرَ في الجوِّ ويَنجرِفَ فوق أوروبا وشرقِ آسيا.



1 أُنبوبُ جِهاز التَّبريد انكسَرَ وَسالَ ما فيه.

2 تَعطَّلَ جِهازُ التَّبريد الاِحتياطيُّ.

3 ضَغْطُ الاِنفجار حَطَّمَ القُبَّتَين الدّاخليّة والخارجيّة.

4 اِنتشَرَ غُبارُ وغازُ الموادّ الإشعاعيّة إلى مَسافات شاسِعة.

5 اِرتفَعَت حرارةُ المُفاعِل وانصهَرَ الوَقود النَّوويّ وتَسرَّبَ.

# 20 السِّلاح النَّوويّ

**التفاعُلُ المُتسلسِلُ النَوَويُّ يُمكِنُ أن يكونَ بطيئًا وحَكومًا، أي يُتحكَّمُ به، كما هي الحالُ في مَحطّةِ تَوليدِ القُدرةِ. أو يُمكِنُ أن يَحدُثَ في بِضْعِ ثوانٍ، مُتسبِّبًا بأفظَعِ انْفِجارٍ.**

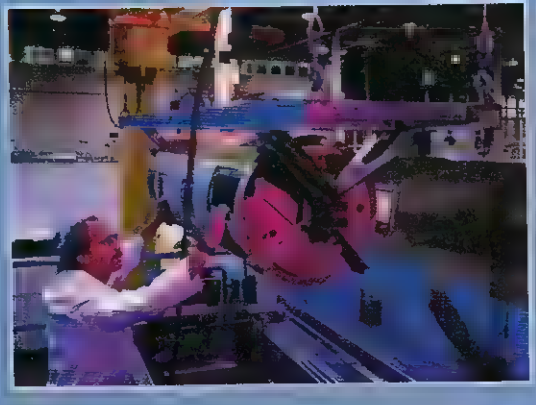
## أسلِحة الدَّمار الشّامِل

تُعرَفُ الأسلِحةُ النَّوويّةُ بأسلِحةِ دَمار شامِل. فهي يُمكِنُ أن تُدمِّرَ مُدُنًا بكامِلِها، وتَنشُرَ الإشعاعيّةَ القاتِلةَ فوق قارّاتٍ وتَقتُلَ الملايينَ. وقد استُعمِلَت في الحربِ مرّتَينِ فقط، حين استَقَطَتِ الولاياتُ المتّحدةُ في العام 1945 قُنبُلتَينِ على مدينتَينِ في اليابان. اليومَ يَمتلِكُ عددٌ من الدُّوَلِ أسلِحةً نَوويّةً. ولكن في العالَمِ رَغبةٌ للتَّخلُّصِ من هذه الأسلِحةِ وتَخليصِ العالَمِ من شَرِّها.

بوتين (إلى اليسار) وبوش، 2001.

### قضايا بيئيّة

في العالَم من الأسلِحة النَّوويّة ما يَكفي لتَدميرِ كلِّ حياة على وَجهِ الأرض، مرّاتٍ عدّة. سِباقُ التَّسلُّح الذي جرى في الخمسينيّات والسِّتّينيّات من القَرن العشرينَ المُنصرِم أدّى إلى أكبر تراكُم لتلك الأسلِحة. من السَّبعينيّات من القَرن العشرينَ، بَدأَتِ الأعداد تَتناقَصُ ببُطء. زُعماءُ العالَم، مثل زُعماء الولايات المتّحدة وروسيا، يُتابِعونَ التَّباحُث للحدّ من عددِ الرّؤوس النَّوويّة المُختزَنة.



لَعلَّ أفظَعَ الأسلِحة النَّوويّة إنذارًا بالشَّرّ هي تلك الصَّواريخ التي تُطلَقُ من غَوّاصات تحت الأمواج لا تُرى ويَصعُبُ اكتِشافها. هذه الغَوّاصات هي نَوويّة مُضاعَفة، لأنّها تَسيرُ على الطّاقة النَّوويّة (انظُرْ ص 24).

سَقَطَتِ القُنبلة النَّوويّة الأولى على مدينة هيروشيما. اليابان، في آب (أغسطس) 1945. ومات من شكّ المدينة في الحال 100 000 إنسان.

تَجربة قُنبلة نَوويّة تُشكّلُ في المُحيط الباسيفيكي سَحابة فُطريّة مَعهودة.

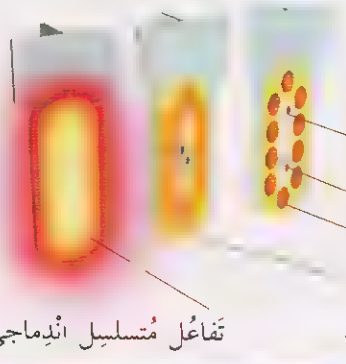
## أنواعُ الأسلِحة

في القُنبُلةِ النَّوَويّةِ، يَتسبَّبُ انْفِجارٌ صغيرٌ بسَحْقِ قِطَعٍ من اليورانيوم والپلوتونيوم لبَدْءِ تَفاعُلٍ مُتسلسِلٍ. في القُنبُلةِ الهِدروجينيّةِ، يكونُ مَصدَرُ الطّاقةِ ناتِجًا من انْدِماجِ النَّوى، لا من انْشِطارِها كما هي الحالُ في الإنشِطارِ النَّوَويِّ.

تُشدَّدُ الحِراسة على الموادّ الإشعاعيّة عند نقْلها من مَوضِع إلى آخر. وكثيرًا ما تُنقَلُ تلك الموادّ إلى مسافات شاسِعة.

### القُنبلة الهِدروجينيّة

من القُنبلةِ الهِدروجينيّةِ أنواعٌ عدّةٌ، وهي أقوى بنحوِ 1000 مرّةٍ من القُنبلةِ النَّوويّةِ. يُستعمَلُ في بعضِها نَظيرانِ للهِدروجينِ هما الدوتريوم أو الهِدروجينُ الثَّقيلُ والترتْيوم، أو نظيرُ الهِدروجينِ الثُّلاثيِّ العددِ الكُتْليِّ. تَندمِجُ نَوى هذَينِ النَّظيرَينِ بطاقةٍ مُتفجِّرةٍ.



# 22 اِستِعمالات نَوويّة

**ليستِ القُدرةُ النَّوَويّةُ قَنابِلَ ذَرّيّةً ومَحطّاتِ تَوليدِ طاقةٍ فقط. الطّاقةُ النَّوَويّةُ تُستعمَلُ في طُرُقٍ مُختلِفةٍ، من الأبحاثِ العِلْميّةِ واستِكشافاتِ الفضاءِ إلى مُعالَجةِ المَرضى.**

## إعادةُ التَّدوير

بعد أن تُستعمَلَ قُضبانُ الوَقودِ في مُفاعِلٍ نَوَويٍّ، تكونُ لا تَزالُ تَحتوي على طاقةٍ وموادَّ نافِعةٍ. تُعادُ مُعالَجةُ القُضبانِ بما يُشبِهُ أن يكونَ عَمَليّةَ إعادةِ تَدويرٍ. تَشتمِلُ الموادُّ النّافِعةُ على مَعادِنَ نادِرةٍ. هذه تَتشكَّلُ كمُنتَجاتٍ جانبيّةٍ للتَّفاعُلِ المُتسلسِلِ ويُمكِنُ تَنقيتُها واسْتِخدامُها في الأبحاثِ والصِّناعاتِ.

قُضبانُ الوَقود المُستعمَلة (الصّورة المُندَسّة) يُمكِنُ أن تُعادَ مُعالَجتها في مَركَز خاصّ لإعادةِ التَّدوير. لكن ليس من هذا النَّوع من المَراكِز إلّا عددٌ قليل. يقولُ المُحتجّونَ على استِعمالِ القُدرة النَّوويّة أنّ نَقْلَ الموادّ المُشِعّة يَشتمِلُ على مَخاطِرَ؛ فالحَوادِث تَقَعُ.

### قضايا بيئيّة

يُعرَفُ أنّ الإشعاعيّة تَتسبَّبُ بأمراض مثل اللوكيميا (سَرَطان الدَّم). الأشخاص الذين يَعمَلونَ في المَراكِز النَّوويّة أو يَعيشونَ قريبًا منها يُفحَصونَ طبيًّا للتَّأكُّد من خُلوِّهم من الأمراض. وكثيرًا ما يؤدّي تَعرُّضُ أحدهم لمَرَض إلى اشتدادِ النِّقاش حول ما تُمثِّلُه تلك المَراكِز من أخطار.

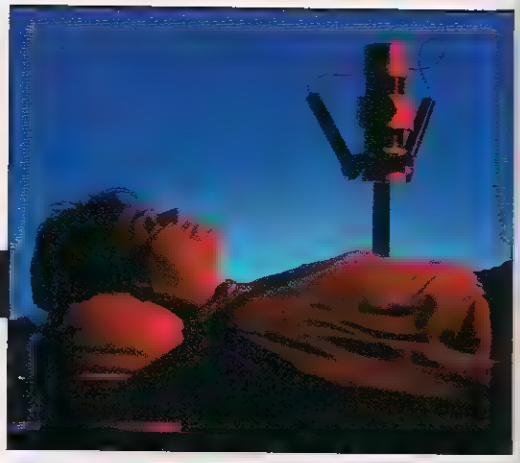
خَطَر على النّاس القريبين؟

موادُّ مُشِعّة في طريقها إلى مَركَزِ إعادةِ مُعالَجة. بعضُ الموادّ المُشِعّة تُنقَلُ إلى جانب آخر من العالَم، وتكونُ دائمًا في حِراسة مُشدَّدة لمَنْعِ التَّعرُّض لها أو لمَنْعِ الحَوادِث المُميتة.

## وَقود مُثرًى

يُمكِنُ إثراءُ (تعزيزُ) الوَقودِ النَّوَويِّ المُستعمَلِ، وهو ما يَجعَلُه أكثرَ تَركيزًا وجاهِزًا للاِستِعمالِ في المُفاعِلِ. لكنّ أنواعًا أخرى من إعادةِ المُعالَجةِ يَنتِجُ عنها نوعٌ من اليورانيومِ أو البلوتونيومِ يَصلُحُ للقَنابِلِ النَّوَويّةِ والصَّواريخِ.

في مَيدانِ الطِّبِّ، للطّاقةِ النَّوَويّةِ دَورٌ كبيرٌ في تَشخيصِ الأمراضِ ومُعالَجتِها. في الطِّبِّ النَّوَويِّ تُدخَلُ إلى الجِسمِ كمّيّةٌ ضئيلةٌ جدًّا وآمِنةٌ من مادّةٍ مُشِعّةٍ نَدعوها مُقتفيًا مُشِعًّا. تَمُرُّ المادّةُ المُشِعّةُ في الجِسمِ فتَتبَّعُ أثرَها كاميراتٌ خاصّةٌ للكَشْفِ عن أمراضٍ بعَينِها. يُمكِنُ استِعمالُ كمّيّاتٍ أكبرَ وأقوى من الموادِّ المُشِعّةِ لقَتْلِ الأَورامِ الخَبيثةِ، كما هي الحالُ في مُعالَجةِ بعضِ أمراضِ السَّرَطانِ.

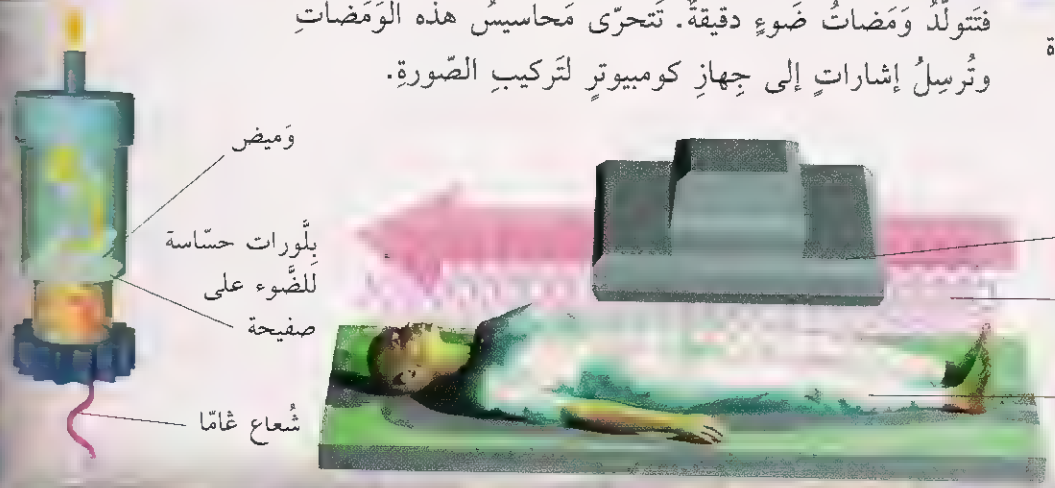


في التَّصوير النَّوويّ، يُعطى الشَّخصُ مادّة مُشِعّة، بواسطة البَلْع أو بحُقنة.

### كاميرا غامّا ماسِحة

المادّةُ المُشِعّةُ الضَّئيلةُ التي تُدخَلُ في جِسمِ المَريضِ تُطلِقُ أشعّةَ غامّا ضعيفةً. هذه تُصيبُ بِلّوراتٍ على صفيحةٍ في الكاميرا فتَتولَّدُ وَمَضاتُ ضَوءٍ دقيقةٌ. تَتحرّى مَحاسيسُ هذه الوَمَضاتِ وتُرسِلُ إشاراتٍ إلى جِهازِ كومبيوترٍ لتَركيبِ الصّورةِ.

مَحاسيسُ تُرسِلُ إشارات إلى جِهازِ كومبيوتر.



# 24 القُدرة النَّوويّة والمواصَلات

يَصعُبُ جدًّا نَقْلُ مَحطّةِ قُدرةٍ نَوويّةٍ. لكنْ لوَحداتِ قُدرةٍ نَوويّةٍ نقّالةٍ صغيرةٍ اسْتِعمالاتُها – من أعماقِ البِحارِ إلى أعماقِ الفضاءِ.

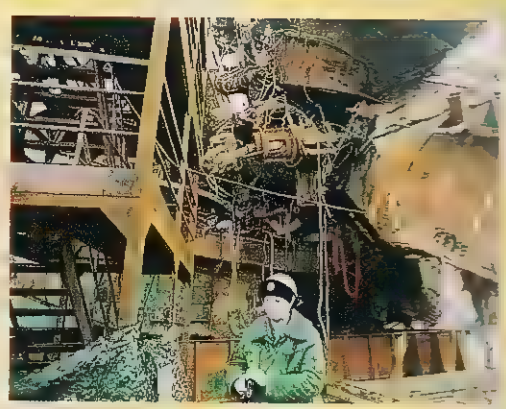
## كُتلة حَرِجة

لوَحدةِ القُدرةِ النَّوَويّةِ حَجمٌ مَحدودٌ. يَنبغي أن يَتوفَّرَ من الوَقودِ ما يَكفي لبَدْءِ تَفاعُلٍ مُتسلسِلٍ واسْتِمرارِه. تُدعى الكمّيّةُ الكافيةُ «كُتلةً حَرِجةً» وهي تَختلِفُ بحَسَبِ الوَقودِ، من حَجمِ حبّةٍ بِسِلّةٍ إلى حَجمِ سيّارةٍ.

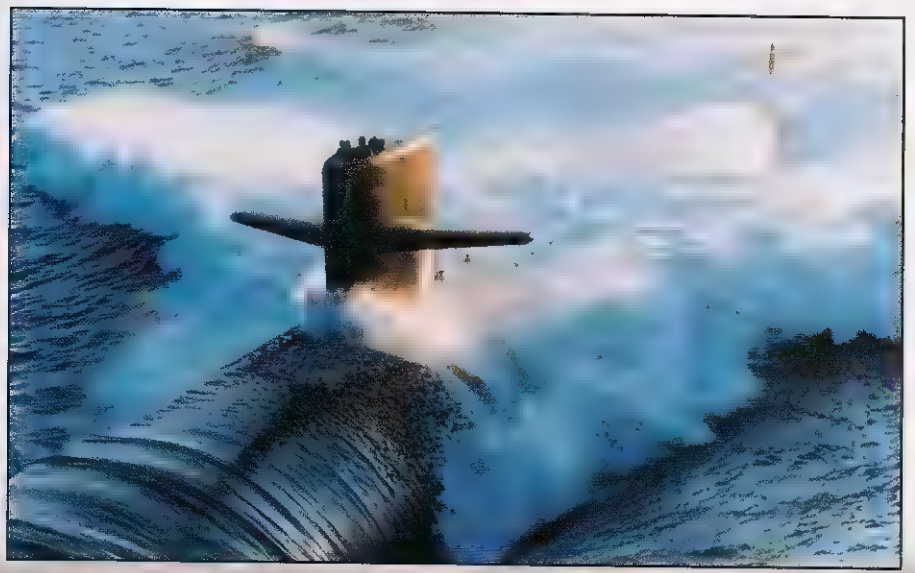
القُدرة النَّوويّة تُناسِبُ الغَوّاصات (أدناه). فهي تَستعمِلُ القليل من الوَقود، وهي على عكسِ توربينات الدّيزل أو الغاز، ليست بحاجة إلى أُكسجين للِاحتِراق، ولا عادِمَ لها. بإمكانِ الغَوّاصة أن تَبقى تحت الماء شُهورًا.

### قضايا بيئيّة

في العام 2000 غرِقَت الغوّاصة النَّوويّة الرّوسيّة كورسْك في بحر بيرنتْس في أقاصي الشَّمال الشَّديدة البُرودة. وقد ثارَت المَخاوف حول إمكان تسرُّب المياه إلى داخل الغوّاصة ممّا قد يتسبَّبُ بانتِشار تلوّث لإشعاعيّ – من كِلا المُفاعِل النّوويّ والصَّواريخ النَّوويّة.



تحطّمَت كورسْك، وقُتِلَ 118 شخصًا.

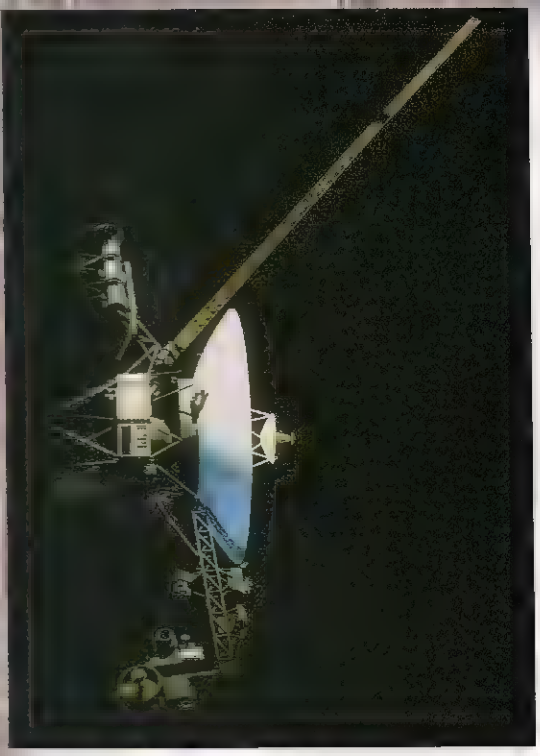


الوَقود النَّوويّ ضئيلُ الحجم جدًّا قياسًا لما يَحتويه من طاقة. تَحمِلُ كاسِحةُ الجليد ڤايْڤاتْش ما يَكفي من الوَقود للإبحار سنواتٍ، كما تُري لافِتة الإحتجاج.

## أثقَل من أن تَطير

تَقييدٌ آخرُ نابِعٌ ليس من المُفاعِلِ بل من وِعائِهِ. وهو عادةً حاجِبٌ مَعدِنيٌّ سميكٌ يُغلِّفُ الموادَّ المُشِعّةَ. فهو أثقَلُ من أن يَصلُحَ لطائرةٍ!

في البحرِ ليس للثِّقْلِ مثلُ هذه الأهمّيّةِ. لأنواعٍ عديدةٍ من السُّفُنِ مُحرِّكاتٌ تَعمَلُ بالقُدرةِ النَّوَويّةِ، بما فيها كاسِحاتُ الجليدِ والغَوّاصاتُ. الإشعاعيّةُ لا تؤثِّرُ في عَرَباتِ الفضاءِ غيرِ المأهولةِ والتي نُسمّيها سَوابِرَ. يُمكِنُ لوَحَداتِ تَوليدِ قُدرةٍ نَوَويّةٍ صغيرةٍ أن تولِّدُ الكهرَباءَ لسنواتٍ، من كُتلةِ وَقودٍ بحَجمِ قَبضةِ اليدِ.



سابِرا الفضاء من نَوعِ ڤُوَيجَر اللَّذانِ أُطلِقا في العام 1977، زُوِّدَ كلٌّ منهما بمُفاعِلٍ نَوويّ يَعمَلُ بوَقودِ البلوتونيوم (في الأُسطوانة اللَّمّاعة الثُّلاثيّة الأجزاء في الجانب الغَربيّ الأيسَر من الصّورة).

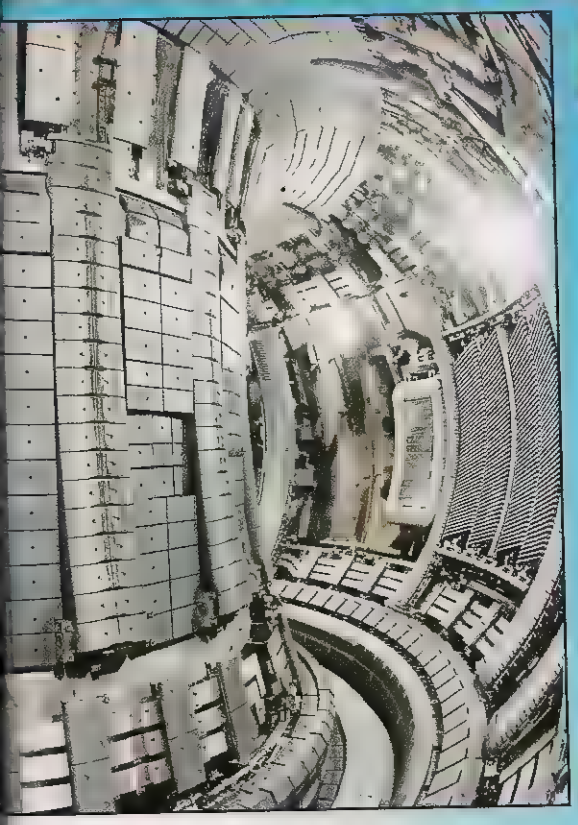
حَمَلَ روّادُ أپولّو معهم إلى القمر وَحَدات نَوويّة صغيرة، كجُزء من مُعَدّات عِلميّة. (لكن ليس لتَشغيل عربة الفضاء!)

# 26 الِاندماج النَّوويّ

**أعظمُ كمّيّاتٍ من الطّاقةِ النَّوَويّةِ ليسَت هي تلك التي تولِّدُها مَحطّاتُ القُدرةِ النَّوَويّةِ أو الأسلحةُ النَّوَويّةُ. بل هي تلك البعيدةُ في أعماقِ الكَونِ - إنّها النُّجومُ.**

## فُرنُ الِاندماج

عالَمُنا دافئٌ ومُضيءٌ بفَضْلِ الطّاقةِ النَّوَويّةِ التي تَصِلُنا من أقربِ النُّجومِ إلينا، ألا وهي الشَّمسُ. تَصدُرُ الحرارةُ في نَجمٍ ويَصدُرُ الضَّوءُ وأشكالُ الطّاقةِ الأخرى بفِعلِ انْدِماجٍ نَوَويٍّ. الِاندِماجُ النَّوَويُّ هو نَقيضُ الِانشِطارِ النَّوَويِّ. تَندمِجُ نَواتانِ بتأثيرِ حرارةٍ وضَغطٍ فائقَينِ. وتكونُ النَّتيجةُ نَواةً واحدةً من مادّةٍ مُختلِفةٍ، بالإضافةِ إلى جُسَيماتٍ كالنّيوتروناتِ وكمّيّاتٍ هائلةٍ من طاقةٍ حراريّةٍ وطاقةٍ أخرى. بُنِيَت مُفاعِلاتٌ اندِماجيّةٌ تجريبيّةٌ عديدةٌ. لكنّ القُدرةَ الِاندِماجيّةَ العَمَليّةَ لإنتاجِ الكهرباءِ لا يَزالُ يَفصِلُنا عنها سنواتٌ.

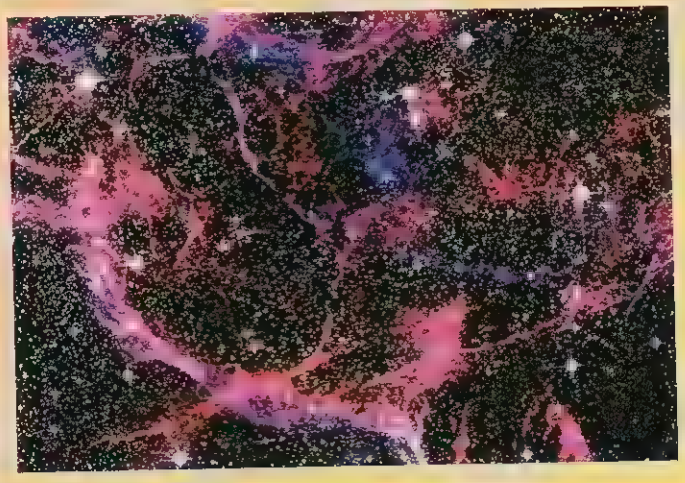


للمُفاعِلاتِ الِاندِماجيّةِ تَجويفٌ حَلقيٌّ أشبَهُ بكعكةٍ - البلازما الشَّبيهةُ بالغازِ داخلَ المُفاعِلِ فائقةُ الحرارةِ، نحو 100 مليون درجة سلسيوس، لا يَصمُدُ أمامها أيّ جِسمٍ جامِدٍ. وتَعمَلُ مَغانِطُ قويّةٌ في الجُدرانِ على إبقاءِ البلازما في وسطِ الفَراغِ، لئلّا تَمَسَّ أيَّ شيءٍ.

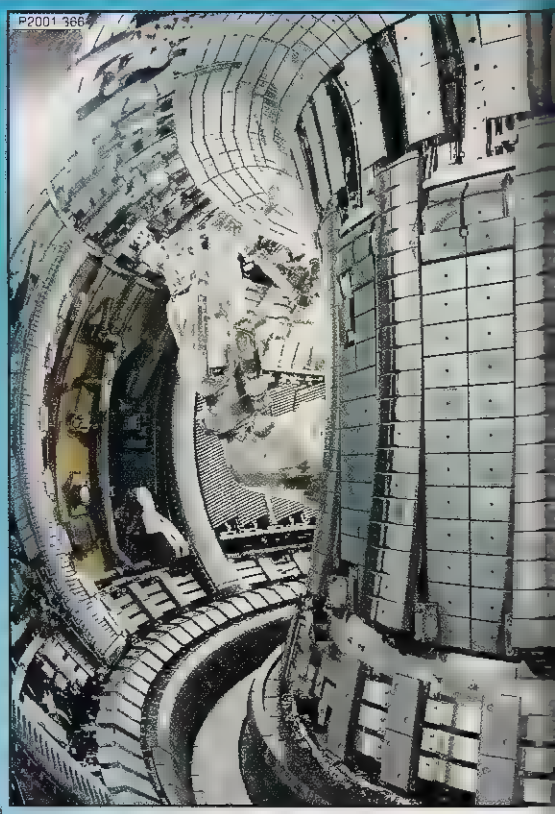
### قضايا بيئيّة

تَندمِجُ نَوى ذرّاتِ الهِدروجينِ في النُّجومِ في عمليّةٍ تُدعوها «تفاعُلًا بروتونيًّا - بروتونيًّا». هنا على الأرضِ، تَكمُنُ فائدةُ المُفاعِلِ الِاندِماجيّ لإنتاجِ الكهرباءِ في أنّه يُخلِّفُ قليلًا جدًّا من النُّفاياتِ النَّوَويّةِ، ويُطلِقُ كمّيّةً أقلّ بكثيرٍ من الإشعاعيّةِ، ويُنتِجُ لنفْسِهِ وَقودًا يكادُ لا يَنتهي.

النُّجومُ هي أفرانٌ اندِماجيّةٌ هائلةٌ بعيدةٌ جدًّا في الفضاءِ.



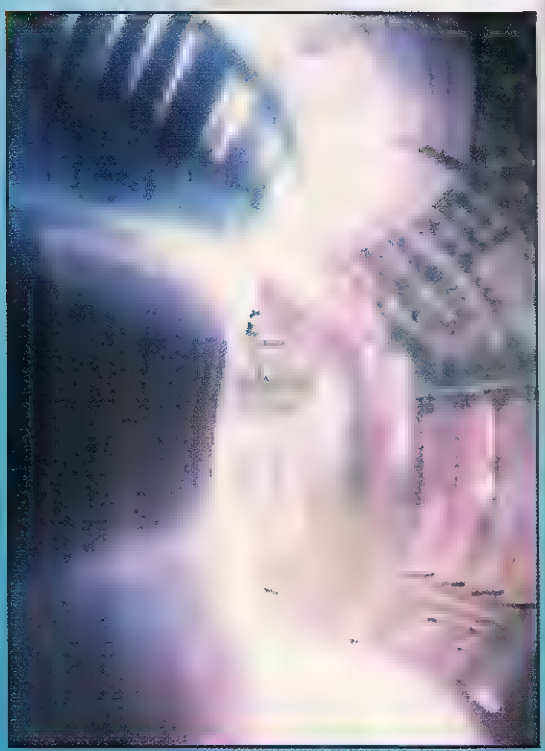
الظُّروف داخلَ المُفاعِل تُراقَبُ بدقّة في خلال التَّجربة. حتّى الآن، لم يُتوصَّلْ إلّا إلى دَفَقات اندِماجيّة قصيرة، مع مِقدار من الطّاقة المَبذولة أكبر من الطّاقة المُستحصَل عليها.




## المُفاعِل الاِندِماجيّ

يُستعمَلُ في المُفاعِلِ الإندِماجيِّ شكلانِ من نَظائرِ الهِدروجينِ، هـ- 2 وهـ- 3 (أُنظُرْ ص 21). وهما يُسخَّنانِ إلى حدٍّ يَتحوَّلانِ معه، عندما تَنفصِلُ إلكتروناتٌ عن نَواها، من غازٍ إلى بلازما. تَندمِجُ «نَواتانِ عاريتانِ» مُشكِّلتَينِ نواةً واحدةً من الهِليوم، إضافةً إلى نيوترونٍ وطاقةٍ. يَمتصُّ الحرارةَ غِطاءٌ من مادّةِ اللّيثيوم يُحيطُ بالبلازما.

الغازات داخلَ المُفاعِلِ تُسخَّنُ إلى حدّ تَتحوَّلُ معه إلى شكل آخر من المادّة ندعوه بلازما.

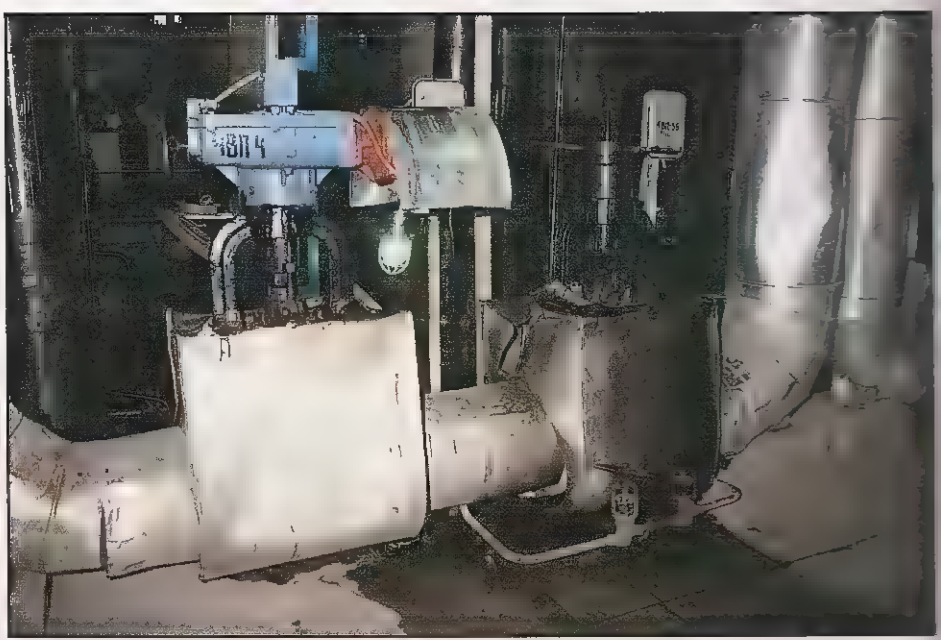


# 28 لا للأسلِحة النَّوويّة؟

راحَ المُتظاهِرونَ يَصيحونَ: «لا للأسلِحةِ النَّوَويّةِ!» لكنّ النَظرةَ إلى الأسلِحةِ النَّوَويّةِ والقُدرةِ النَّوَويّةِ ليسَت واحدةً عند النّاسِ كلِّهِم.

## تَوازُنُ الرُّعب

يَزعَمُ مؤيِّدو الأسلِحةِ النَّوَويّةِ أنّها ساعَدَت في تَجنُّبِ حُروبٍ عالَميّةٍ. فاحْتِمالُ قيامِ نِزاعٍ نَوَويٍّ يَمنَعُ الجميعَ من البَدْءِ بحربٍ كبيرةٍ. والجوابُ على ذلك: دَمِّروا الأسلِحةَ النَّوَويّةَ كلَّها فتُزيلوا السَّبَبَ الذي يُمكِنُ أن يَتهدّدَ الكُرةَ الأرضيّةَ بكارِثةٍ عُظمى، وربّما بالهَلاكِ.



هل تَعمَلُ الصِّناعات النَّوويّة بانتِظام وأمان؟ الخُصوم يَذكُرونَ أمثلة عديدة على تسرُّب وتحطُّم وأخطاء فنّيّة وأخطاء إنسانيّة.

اِنتشَرَ ضَرَرُ مُفاعِل تْشِرنوبِل فوق مَناطِقَ واسعة من العالَم وأُمَم عديدة، غنيّة وفقيرة. الإشعاعيّة لا تُميِّزُ بين الحُدود.

بَدأَتِ الدَّعوة لنَزْعِ الأسلِحة النَّوويّة في الخمسينيّات من القَرن العشرين المُنصرِم، تَجنُّبًا لوقوع حرب نَوويّة مُدمِّرة.

## قضايا بيئيّة

اكتُشِفَ ارْتفاع في الإشعاعيّة في مَناطِقَ عديدة من العالَم – في البِحار، في القُطبَينِ، في الصَّحارى وفي أعالي الجِبال. مَصدَرُ بعضِ تلك الإشعاعيّة تَجارِبُ نَوويّة وَقَعَت قبل سنوات. ومَصدَرُ بعضِها حديث. لا يَعلَمُ أحد ما إذا كانت هذه الإشعاعيّة تَتسبَّبُ بضَرَر بَطيء، تَظهَرُ آثاره على العالَم الطَّبيعيّ في المُستقبَل.

تحذير: مَن يأكُلُ سمكة مُلوَّثة بالإشعاعيّة؟

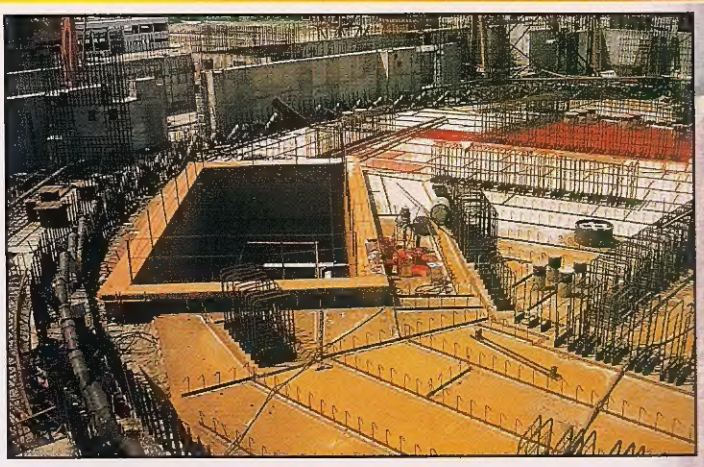
## الطّاقة النَّوَويّة

قد يُدمِّرُ حادِثٌ يَقَعُ في مَحطّةٍ للقُدرةِ النَّوَويّةِ مَناطِقَ واسعةً، ويُزعزِعُ حياةَ الملايين، ويَجلِبُ على الطَّبيعةِ الخَرابَ. حتّى من غيرِ أن يَقَعَ حادِثٌ، فإنّه تُجمَعُ يوميًّا أكوامٌ من النُّفاياتِ المُشِعّةِ والتي ما من خُطّةٍ أكيدةٍ اليومَ لإبقائِها آمِنةً تمامًا.

مُناصِرو القُدرةِ النَّوَويّةِ يَقولونَ إنّ الوُقُدَ الرَّئيسيّةَ – الفَحْمَ الحَجَريَّ والنَّفطَ والغازَ الطَّبيعيَّ – آخِذةٌ بالنَّفادِ. وهي تَتسبَّبُ بتلوُّثِ الهواءِ، والحُمُوِّ العالَميِّ، وارْتفاعِ مُستوَياتِ مياهِ المُحيطاتِ وإغْراقِ مُدُنٍ. يَصعُبُ الخِيارُ.

قد تَبدو القُدرة النَّوويّة غير مُكلِفة. لكنّ إيقافَ المَعامِلِ القديمة عن العَمَل لصيانتها وجَعْلها أكثر أمانًا يُكلِّفُ الملايين.

# 30 مُستقبَل الطّاقة النّوويّة

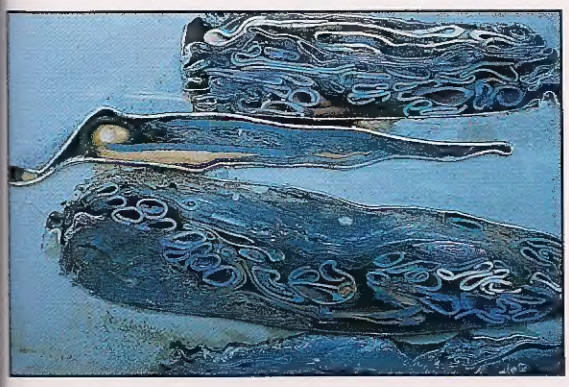


بعضُ مَحطّاتِ القُدرة النّوويّة بُنِيَت جُزئيًّا ثمّ تَوقّفَ العَمَلُ عليها لنُقصانِ المال وأصوات الإحتجاج، كما حَدَثَ في بلغاريا (أعلاه).

**في أنحاءِ العالَمِ نحوُ 420 مَحَطّةَ قُدرةٍ نَوَويّةٍ تُنتِجُ نحوَ عُشْرِ الكهرَباءِ كلِّها. تُخطِّطُ بعضُ الأُمَمِ لِبناءِ المَزيدِ من مَحطّاتِ القُدرةِ النّوَويّةِ، في حين مَنَعَت أُمَمٌ أخرى بِناءَها.**

## طريق المُستقبَل

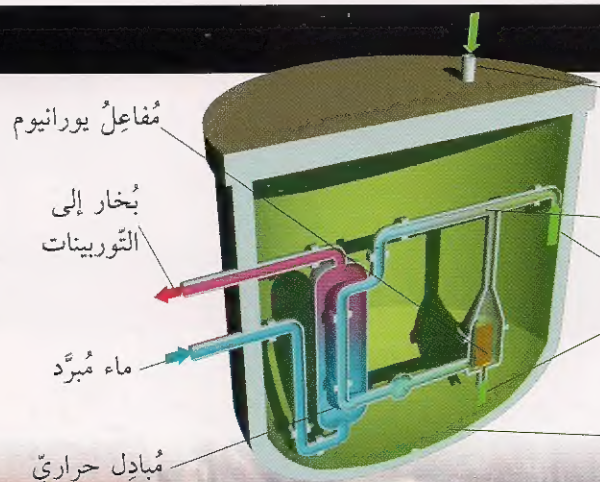
تُحاوِلُ كلُّ مِنطَقةٍ أن تُوازِنَ بين حاجتِها للطّاقةِ ومَوارِدِها الطّبيعيّةِ. إذا تَوفَّرَ لبَلَدٍ وَقودٌ نَوَويٌّ والتِّكنولوجيا لِبناءِ مَحَطّةِ قُدرةٍ نَوويّةٍ، فقد يكونُ ذلك خِيارًا مَقبولًا، في وَقتِنا الحاليِّ. لكن يَظَلُّ قائمًا مُشكِلاتُ النُّفاياتِ الإشعاعيّةِ، واحتِمالُ وقوعِ حَوادِثَ، واحتِجاجاتُ الرَّأيِ العامِّ. يَعتقِدُ الكثيرونَ أنّ المُستقبَلَ يَنبغي أن يكونَ لمَزيدٍ من مَصادِرِ الطّاقةِ المُتجدِّدةِ والمُستَدامةِ مثلِ الرّيحِ وأشعّةِ الشّمسِ، وفي الوَقتِ نَفْسِه التّقليلِ من استِعمالِ الطّاقةِ.



النُّفايات النّوويّة قد تُرمى في البحر، أو تُطمَرُ في الأرض، أو تُغلَّفُ بالزُّجاج المَختوم (أعلاه). لكنّها لن تَختفيَ.

## قُدرة نوويّة أقلّ خَطَرًا؟

تَهدِفُ تَصاميمُ جديدةٌ في الصِّناعاتِ النّوويّةِ إلى جَعْلِ العَمَليّةِ كلِّها أكثرَ أمانًا، وأقلَّ نُفاياتٍ إشعاعيّةً. في هذا التّصميمِ يكونُ المُفاعِلُ النّوويُّ في خزّانٍ ضَخمٍ من الماءِ يَحتوي على مادّةِ البورون، التي تُهدِّئُ أو تُوقِفُ التّفاعُلَ المُتسلسِلَ. إذا وَقَعَ حادِثٌ، الماءُ المُعزَّزُ بالبورونِ يَغمُرُ المُفاعِلَ آليًّا ويَتوقّفُ الإنشِطارُ النّوويُّ.



# تَعريفات

## إيقافُ المُفاعِل النَّوويّ لصيانته

في الصِّناعات النَّوويّة، يُوقَفُ المُفاعِل القديم عن العَمَل، أو مَركَزُ مُعالَجةِ الوَقود، أو أيُّ مَركَز آخر يَحتوي على موادَّ إشعاعيّةٍ، لصيانتِه وجَعْلِه أكثرَ أمانًا.

## تَفاعُل مُتسلسِل

عمليّة إذا ما بدأَت فإنّها تَتواصَلُ تِلقائيًّا، من غيرِ حاجة إلى طاقة إضافيّة. في التَّفاعُل النَّوويّ المُتسلسِل، تَنشطِرُ النَّوى، مُتسبِّبةً بانشِطارِ غيرِها، وهكذا.

## توربين

مِحوَر عليه ريشات زاويّة، كالمِروَحة. تَدورُ الرّيشات عندما تَنقذِفُ ببُخار أو أيِّ مادّة أخرى بضغط عالٍ.

## حُمُوّ عالَميّ

اِرْتفاعُ درجات الحرارة في أنحاء العالَم بفِعْلِ ازْديادِ غازات الاِحْتباس الجوّيّ الحراريّ (غازات الدَّفيئة) في الجوّ. هذه الغازات تَحتبِسُ حرارةَ الشَّمس فلا تَتفلَّتُ إلى الفضاء.

## غازاتُ الاِحتباس الجوّيّ الحراريّ

هي موادُّ في الجوّ تَحتبِسُ حرارةَ الشَّمس. تَبقى الحرارة قريبة من سطحِ الأرض، بَدَلَ أن تَتفلَّتَ في الفضاء، وتَتسبَّبَ بالحُمُوّ العالَميّ.

## مُتجدِّد

عمليّة أو مادّة مُستَدامة يُمكِنُ أن تَستمِرَّ لزمن طويل جدًّا، باستِعمال موادَّ خامٍ أو مَوارِدَ يُمكِنُ إعادةُ تَدويرها مرّة بعد مرّة.

## نَشاط إشعاعيّ

شكل غير مرئيّ من أشكال الطّاقة يَنبعِثُ من موادَّ بعَينها، مثلِ بعض أشكال اليورانيوم والپلوتونيوم. من الإشعاعيّة ثلاثةُ أنواع، ألْفا وبيتا وهما جُسَيمات، وغامّا وهي أشعّة.

## نَواة

الجُزء المَركَزيّ من الذَّرّة (والتي هي أصغَر وَحدة في المادّة). تَتشكَّلُ النَّواة عادةً من نَوعَينِ من الجُسَيمات هما البروتونات والنّيوترونات.

# 32 مَسرَد (كَشّاف)


آينشتايْن، أَلبِرْت 7
أسلِحة نوويّة 15، 20-21، 23، 28
أشعّة غامّا 6، 23
إعادة مُعالجة 12-15، 25، 27، 30
إلكترونات 6-7
اندِماج 21، 26-27
انشِطار 21، 26، 30
انصِهار 19
إيقاف المُفاعِل عن العمل 29
بِكريل، هَنْري 6-7
بلازما 26-27
بلوتونيوم 15، 21، 25
بوتِن، فلاديمير 20
بورون 14، 30
بوش، جورج 20
ترتْيوم 21، 27
تشِرْنوبِل 19، 28
تعزيز (إثراء) 23
تفاعُل مُتسلسِل 8-9، 20، 22، 30
تلوُّث 16-17، 29
ثري مايْل آيْلَند 18
جبل يوكا 17
جُسيمات ألفا 6
جُسيمات بيتا 6
حِماية الموادّ النَّوويّة 15، 21
حُموّ عالَميّ 16، 29
حوادث نَوويّة 18-19، 29، 30
خام يِتشْبلنْد 10
دوتِريوم (هدروجين ثقيل) 21، 27
ذرّات 5، 6-7، 8-9
رَذَرفورْد، إرنِسْت 8
سابِر الفضاء ڤوَيَجر 25
طِبّ نَوويّ 23
عدّاد غيجَر 7
غوّاصات 20، 24-25
فيرمي، إنريكو 9
قُدرة 4، 12-15، 30
قُضبان تحكُّم 14-15
كُتلة حَرِجة 24
كوري، ماري 7
لوكيميا (سرطان الدَّم) 22
ماء مضغوط 14
مجموعة وُقُد 11، 14-15
مُحتجّون 5، 28-29، 30
مُفاعِل مولِّد سريع 15
مُفاعِلات 6-7، 10، 12، 16-19، 23، 29
مُهدِّئ 14
نظائر 10-11، 27
نُفايات إشعاعيّة 11
نُفايات نوويّة 16-17، 26، 29، 30
نَوى 6، 8-9، 14-15، 26-27
نيوترونات 6، 8، 26-27
هانفورْد 8
هِدروجين 20، 26، 27
هيروشيما 21
وُقُد أحفوريّة 8، 16، 29، 30
يورانيوم 6، 9، 10، 14-16، 21، 30

# مَوْسُوعَة الطَّاقَة المُبَسَّطَة

**موسوعة الطاقة المبسَّطة** سلسلة جديدة حافِلة بالمعلومات حول المَصادِر التي تُغذّي عالَمنا بالطّاقة. كلّ كتاب يَبحَث بوضوح ودقّة في شكل مُختلِف من أشكال الطّاقة، وكيف يُمكِن أن نُسخِّرَ ما في ذلك الشّكل من قُدرة. يَزيدُ الكُتُب وضوحًا صوَر مُعبِّرة ورُسوم بيانيّة مُبسَّطة ودقيقة.

هل تَعلَم أنّ...؟

- محطّات القُدرة النّوويّة بدأَ بناؤها قبل نحو نِصف قرن.
- السُّفن والغوّاصات يُمكِنُ أن تُزوَّد بمُحرِّكات نَوويّة.
- النُّفايات النّوويّة يُمكِنُ استعمالها في أغراض طِبّيّة.

هذا الكتاب يَشرَحُ هذه الحقائق وغيرها عن الطّاقة النّوويّة، ويَستطلِعُ ماضي هذا الشّكل المُدهِش من الطّاقة ويَستشرِفُ مُستقبَله.

ISBN 9953-33-644-X
9 789953 336442
ENERGY FILES: NUCLEAR
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)

مكتبة لبنان ناشرون
راجع موقعنا على الإنترنت: www.ldlp.com